This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

LANE MEDICAL LIBRARY STANFORD STOR
B711 .L56 1906
Über Kathodenstrahlen : Nobel-Vorlesung
24503283767

ÜBER KATHODENSTRAHLEN

NOBEL-VORLESUNG

GEHALTEN
IN ÖFFENTLICHER SITZUNG DER KÖNIGL. SCHWEDISCHEN
AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN ZU STOCKHOLM
AM 28. MAI 1906

VON

P. LENARD.

MIT 11 TEXTFIGUREN UND EINEM ANGEHÄNGTEN
LITERATURVERZEICHNIS

LEIPZIG, 1906
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH

B 711
L 56
1906

LANE

MEDICAL LIBRARY

LEVI COOPER LANE FUND

ÜBER KATHODENSTRAHLEN

NOBEL-VORLESUNG

GEHALTEN
IN ÖFFENTLICHER SITZUNG DER KÖNIGL. SCHWEDISCHEN
AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN ZU STOCKHOLM
AM 28. MAI 1906

VON

P. LENARD.

MIT 11 TEXTFIGUREN UND EINEM ANGEHÄNGTEN
LITERATURVERZEICHNIS

LEIPZIG, 1906
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH

LANE LIBRARY

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

LANE LIBRARY

Hochansehnliche Versammlung!

Der Verpflichtung, im Sinne von ALFRED NOBELS Vermächtnis über die Kathodenstrahlen hier zu Ihnen zu reden, entspreche ich gern. Ich werde dabei von der Annahme ausgehen, daß Sie von mir am ehesten das hören möchten, was andere Ihnen nicht auch sagen könnten. Ich werde die Entwicklung des Gegenstandes — welcher auch die neueren Vorstellungen über die Elektrizität und die Materie in sich faßt — Ihnen so darstellen, wie sie von mir aus gesehen, als mein eigenes Erlebnis sich abgespielt hat.[1] Das wird mir die erwünschte Gelegenheit geben, die Abhängigkeit meiner Arbeit von der Anderer zu zeigen, umgekehrt aber mir auch erlauben, an ein oder zwei Punkten von den Beziehungen späterer oder nahe gleichzeitiger Arbeiten Anderer zu den meinigen zu reden. Ich will also — in dem Gleichnis, welches Sie, verehrte Kollegen von der Akademie der Wissenschaften, an die Spitze Ihres Mitgliederdiploms stellen[2] — jetzt nicht nur von den Früchten reden, sondern auch von den Bäumen, auf denen sie gewachsen sind, und von den Pflanzern dieser Bäume. Es ist mir dieser Weg für diese Gelegenheit um so mehr vorgezeichnet, als ich selber gar nicht immer zu Denen gehört habe, die die Früchte gepflückt haben, oder die sie zuerst gepflückt haben, sondern

[1] Ich habe mir dabei in den vorliegenden Blättern große Mühe gegeben, alle Publikationen, welche neue Fortschritte des Wissens zum erstenmal und in überzeugender Weise mir gebracht zu haben scheinen, historisch zu ihrem Rechte kommen zu lassen, auch dann, wenn ich sie seinerzeit für mich zu spät hatte kennen lernen.

[2] Vignette: Gärtner, junge Bäume pflanzend, dabei die Unterschrift: „För Efterkommande".

wiederholt nur zu Denen, die die Bäume gepflanzt oder gepflegt haben, oder die geholfen haben, dies zu tun.

Aus der Reihe meiner Arbeiten darf ich in der gegebenen Zeit einige, bestimmte Stellen zu eingehenderem Verweilen herausgreifen.

Der Anfang führt mich 26 Jahre zurück und auf Crookes. — Ich hatte dessen damaligen Vortrag über die „strahlende Materie“ (5)[1] — wie er die Kathodenstrahlen[2] nannte — gelesen, und großen Eindruck davon gehabt. Sie kennen gewiß

Fig. 1.

Alle seine Versuche. Hier (Fig. 1) ist einer zur Rückerinnerung: Die Glasröhre mit sehr verdünnter Luft; die negativ elektrisierte Platte oder Kathode (*a*), an welcher die Strahlen entstehen; ein Kreuz (*b*), den Strahlen in den Weg gestellt, und hier der Schatten des Kreuzes (*d*), geworfen von den Strahlen auf die phosphoreszenzfähige Glaswand. Der Schatten verschiebt sich,

[1] Eingeklammerte Zahlen beziehen sich auf das Literaturverzeichnis am Schlusse; unter S. werden an einigen Stellen Seitenzahlen umfangreicherer Publikationen angegeben werden.

[2] Nach Faraday hatten bereits Hittorf (2) und dann Goldstein (4) die „Glimmlichtstrahlen“ oder „Kathodenstrahlen“ in zunehmender Deutlichkeit hervorgebracht und studiert. Was Crookes mehr bringt als diese seine Vorgänger, hat er größtenteils durch Anwendung höherer Luftverdünnungen erreicht.

wenn man einen Magneten heranbringt; ein Zeichen, daß die Kathodenstrahlen — ganz anders wie Lichtstrahlen — im Magnetfelde gekrümmt werden.

Wenn ich in meinen Arbeiten stets großes Gewicht darauf gelegt habe, die zu studierende Erscheinung rein und frei von störenden Nebendingen hervorzubringen, ohne Rücksicht auf die dazu erforderliche Mühe oder Umständlichkeit, so hat das Gefühl hierfür schon bei Crookes seine Nahrung gefunden. Denn er war es, der diese Kathodenstrahlen in einer Reinheit hervorbrachte, die alles Vorhergegangene genügend überbot, um zum ersten Mal es deutlich sehen zu lassen, daß man es hier mit einer Erscheinungswelt von ganz besonderer Eigenart zu tun habe, den übrigen Entladungserscheinungen gegenüber ausgezeichnet durch die anziehende Eigenschaft der Einfachheit. Was man sich nun freilich unter „strahlender Materie" oder „viertem Aggregatzustand", wie er es nannte, genau genommen vorzustellen habe, wollte mir damals nicht klar werden, ebensowenig als es — wir können das heute ruhig sagen — Crookes selbst zurzeit klar gewesen sein konnte. Aber ich teilte vollkommen seinen Enthusiasmus, wenn er sagte: „Hier, so scheint's mir, liegen letzte Realitäten"; und wir haben Recht behalten; deshalb stehe ich heute hier!

Während meiner Studentenzeit erhielt mein Interesse an diesen Dingen keine direkte Betätigung. Man hielt elektrische Gasentladungen nicht für das geeignete Studienobjekt von Anfängern, und ganz mit Recht. Hatten doch selbst gereifte Experimentatoren im Laufe der Jahre nach Crookes auf diesem Gebiete nichts gefördert, was ihre Mühe recht gelohnt hätte. Sie waren nicht zu Erscheinungen gelangt, welche wieder mit unmittelbarer Deutlichkeit neue Einblicke gewährt hätten; sie waren eben in der Reinheit der Versuchsbedingungen nicht wesentlich über Crookes hinausgekommen.

Später, als Assistent bei Quincke in Heidelberg, erhielt ich zuerst Gelegenheit und Mittel, eine aufs äußerste evakuierende Quecksilberluftpumpe zu bauen — eine damals durchaus noch nicht als regelmäßiges Inventarstück eines physikalischen Institutes geltende Vorrichtung — und damit selber Versuche über jene

Strahlen anzustellen. Ich wollte möglichst geradeaus vorwärts gehen, und dachte, es wäre doch schön, wenn man vor allem einmal diese Strahlen aus der Röhre heraus ins Freie treten lassen könnte; da würde man recht mit ihnen experimentieren können. — Man müßte dazu an der Röhrenwand einen für die Strahlen durchlässigen, aber luftdichten Verschluß anbringen. Strahlende Materie würde nun freilich schwer durch luftdichte Verschlüsse gehen, aber es könnte doch auch sein, daß EILHARD WIEDEMANN Recht hätte, welcher die Kathodenstrahlen als eine

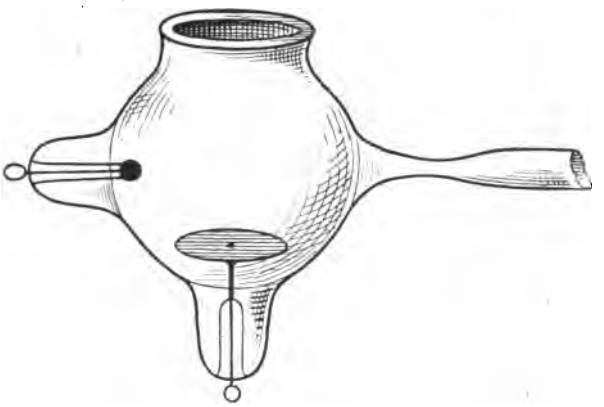


Fig. 2 (ca. natürl. Gr.).

Art von ultra-ultraviolettem Licht betrachtete. Schließlich schien mir Quarz als der für alle damals gut bekannten Strahlungen durchlässigste Körper am aussichtsvollsten. Hier (Fig. 2) ist die damals von mir hergestellte Röhre mit der Kathodenplatte, und oben daran die Öffnung, welche mit der 2,4 mm dicken Quarzplatte verschlossen wurde. Der Erfolg blieb aber aus; ich habe außerhalb des Quarzes weder Phosphoreszenzwirkungen, noch auch elektrische Wirkungen[1] gefunden, deren Ursprung nicht unzweifelhaft auf das aus der Röhre dringende Licht zurückzuführen gewesen wäre.

[1] HERTZ' Entdeckung solcher Wirkungen des ultravioletten Lichtes war damals eben schon gemacht gewesen (8).

Erst vier Jahre später, 1892, war eine neue Möglichkeit eingetreten. HERTZ, dessen Assistent ich damals geworden war, hatte gefunden, daß dünne Metallblätter für Kathodenstrahlen durchlässig seien (15). — Er benutzte die ganz dünnen, äußerst zarten und löcherigen Gold-, Silber-, Aluminiumblätter, welche für Buchbinderzwecke gemacht werden, wies aber nach, daß die Kathodenstrahlen nicht nur durch die Löcher, sondern auch wirklich durch den Stoff, durch das Metall der Blätter gehen. Eines Tages rief er mich zu sich — ein Ereignis, das zu meinem damaligen lebhaftesten Bedauern nur sehr selten eintrat — und zeigte mir die eben gefundene Erscheinung: Uranglas war mit Aluminiumblatt bedeckt im Innern einer Entladungsröhre und leuchtete, von oben bestrahlt, unter dem Blatt. Er sagte mir: „Man müßte — und ich möge es eventuell ruhig tun, da er doch verhindert sei — zwei Räume durch ein solches Aluminiumblatt trennen; in dem einen Raum wären die Strahlen zu erzeugen wie gewöhnlich, in dem andern Raum würden sie dann reiner als je vorher beobachtet werden können, und wenn auch wegen der Zartheit der Blätter wohl immer nur ein geringer Luftdruckunterschied zwischen den beiden Räumen sein dürfte, so könnte man vielleicht doch den Beobachtungsraum einmal völlig auspumpen, und sehen, ob dies der Ausbreitung der Kathodenstrahlen ein Hindernis wäre oder nicht: ob sie also Vorgänge in der Materie seien, oder aber Vorgänge im Äther.“ Diese letztere Entscheidung schien er für das allerwichtigste zu halten. — Ich habe den Versuch später auch ausgeführt; es lockte mich jedoch vor allem meine frühere Frage, die der Kathodenstrahlen in freier Luft. Die Zartheit der von HERTZ benutzten Blätter schreckte mich nicht; ich schichtete in einer darauf eingerichteten Röhre mehr und mehr solcher Blätter übereinander und fand, daß deren 10 und 15 noch immer ganz merklich durchlässig seien. Daraufhin verschaffte ich mir Aluminiumfolien, die von vornherein schon solche größere Dicke hatten, um zu sehen, ob sie dicht wären und den Luftdruck auszuhalten vermöchten. Es war auf genügend kleiner Fläche der Fall. Da nahm ich die alte Röhre wieder vor, setzte an Stelle des Quarzes eine Metall-

platte mit einem kleinen Loche auf, das seinerseits mit der Aluminiumfolie verschlossen war, streute einige Körnchen Erdalkaliphosphors auf dieses kleine Aluminiumfenster, erregte die Röhre, und siehe: die Körnchen leuchteten prächtig auf! Schnell waren sie etwas höher oben über dem Aluminiumfenster befestigt, und sie leuchteten auch dort noch ganz gut! Also: die Kathodenstrahlen waren herausgedrungen nicht nur aus dem Innern der Entladungsröhre, in das sie bis dahin immer gebannt gewesen waren, sondern — was kein Mensch vorauszusagen imstande gewesen wäre — sie zeigten sich auch fähig, ganze Luftstrecken von gewöhnlicher Dichte zu durchsetzen. Damit war es klar, daß ein neues und großes Gebiet der Untersuchung vor mir sich aufgetan habe, ein Gebiet noch nie gesehener Erscheinungen nicht nur, sondern auch eins, dessen Wege in die Tiefe zu führen versprachen, so sicher als jene Strahlung immer schon rätselhaft allem andern Bekannten gegenübergestanden war, und so sicher, als sie nun auf einmal ihrer Unzugänglichkeit beraubt war und als zugleich — was noch wichtiger schien — zum erstenmal völlig reine Versuche mit ihr möglich geworden waren. Vergleichen wir unsern Fall mit dem einer andern Strahlung, des Lichtes, so war es früher, als hätte man das Licht nur im Innern von Feueröfen und Flammen untersuchen können, wo es erzeugt wird, wie die Kathodenstrahlen in der Röhre. Wo wäre da das große und feine Gebäude der Optik geblieben?! Jetzt war ein Fenster an dem Feuerofen angebracht, durch welches das Licht aus ihm heraustreten konnte, rein, für sich allein, frei von den komplizierten und an sich ebenfalls erst noch zu untersuchenden Prozessen der Erzeugung, welche beschränkt bleiben auf das Innere der Entladungsröhre und welche, wie die Folge zeigte, in der Tat nicht früher dem Verständnis sich eröffneten, als bis erst das Studium der reinen Kathodenstrahlen genügend erledigt war. Eben dieses Studium hat auch — wie wir in historischer Reihenfolge sehen werden — zu all den weiteren, zum Teil sehr allgemein bekannt gewordenen Funden, den Röntgenschen Strahlen, der Radioaktivität und zu den neuen, vertieften Anschauungen über Elektrizität und Materie geführt.

Zuerst war nun gewissermaßen das Eingangstor in das neue Gebiet zu erweitern. Die Intensität der aus dem Fenster kommenden Strahlen mußte vergrößert, die Erzeugungsbedingungen mußten günstiger gestaltet werden, als es in jener ersten Röhre der Fall war. Dies führte zur Konstruktion der hier abgebildeten Röhre (Fig. 3), welche dann für viele Versuche diente (18). Wir sehen den Erzeugungsraum mit der Anode (A) und Kathode (K), den Verschluß (mm) mit dem Fenster, und jenseits davon den Beobachtungsraum, in welchen die Strahlen

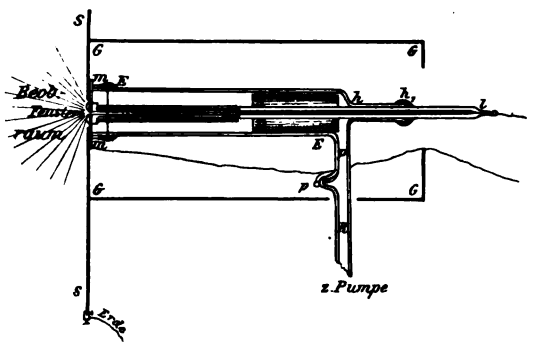


Fig. 3 (ca. $^1/_5$ natürl. Gr.).

hinaustreten. Der Erscheinungen, welche sich hier bieten, ist eine solche Fülle, daß, obgleich die nächstliegenden und auch die etwas weiter dahinter verborgenen nun wohl alle schon gefunden sind, sie doch auch heute noch längst nicht alle genügend auf ihre Konsequenzen verfolgt sind.

Vorauszuschicken ist, daß die Strahlen unmittelbar nicht sichtbar sind; es würde nichts nützen, das Auge an das Fenster zu bringen; dieses Organ ist für Kathodenstrahlen nicht eingerichtet. Dagegen Körper, die fähig sind, kalt selbstleuchtend zu werden, phosphoreszenzfähige Körper, wie man sie nennt, sind geeignet, die Strahlen sichtbar zu machen. Am besten benutzt man Papierblätter, die mit solchen Körpern, z. B. einem gewissen Keton, den Platincyanüren, oder einem Erdalkaliphosphor bedeckt sind, und hält sie als Schirm den Strahlen entgegen; Leuchten des Schirmes zeigt dann an, daß er von

den Strahlen getroffen wird. Auch kann man die Strahlen unmittelbar photographieren. Es sind dies dieselben Mittel, durch welche man auch das ultraviolette Licht sichtbar macht, damals das einzige sonst bekannte Beispiel einer derartig nachzuweisenden, unsichtbaren Strahlung.

Wenden wir den Phosphoreszenzschirm an, so finden wir ihn dicht am Fenster grell leuchtend; weiter und weiter ab vom Fenster zeigt sich die Intensität der Strahlen schwächer und schwächer und in etwa 8 cm Entfernung bleibt der Schirm

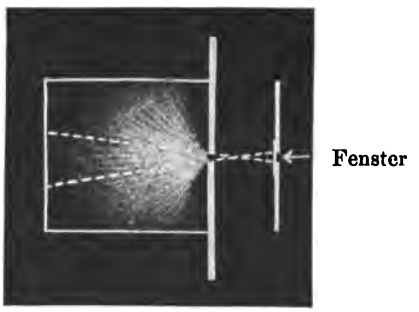


Fig. 4.

ganz dunkel: Offenbar ist die Luft vom vollen atmosphärischen Druck für die Kathodenstrahlen gar nicht sehr durchlässig, bei weitem nicht so sehr, wie etwa für Licht. Noch viel merkwürdiger war es aber, zu finden, daß die Luft sogar ein trübes Medium ist für diese Strahlen, ganz wie etwa Milch für Licht. Bringen wir in passender Entfernung vom Fenster eine undurchlässige Wand mit einem Loche an und stellen dagegen die Kante des Schirmes, so erhalten wir diesen Anblick (Fig. 4). Hier die punktierten Linien geben das schmale Strahlenbündel an, das wir bei gradliniger Ausbreitung zu erwarten hätten; das helle breite um die Ecke biegende Büschel aber ist es, was wir wirklich auf dem Schirm in freier Luft beobachten, ganz als hätten wir Licht durch dasselbe Loch in einen Trog mit etwas verdünnter Milch fallen lassen. Was trübt die Luft? In der Milch sind es die vielen kleinen suspendierten Fett-

kügelchen, welche sie für Licht trübe machen; reine Luft enthält aber nichts als nur die Moleküle der Gase, aus welchen sie besteht, suspendiert im Äther. Diese Moleküle sind außerordentlich klein, 10 000 mal kleiner als jene Fettkügelchen, viel zu klein, um einzeln auf Licht zu wirken; die Kathodenstrahlen aber, sehen wir, nehmen doch Anstoß an jedem solchen Molekül. Da müssen denn diese Strahlen etwas außerordentlich Feines sein; so fein, daß die molekulare Struktur der Materie, welche den immerhin sehr feinen Lichtwellen gegenüber verschwindet, ihnen gegenüber sehr merklich wird. Natürlich wird es dann auch möglich sein können, mit Hilfe dieser Strahlen Auskünfte zu erhalten über die Beschaffenheit der Moleküle und Atome.

Es war daher von besonderem Interesse, das Verhalten der verschiedensten Körper den Kathodenstrahlen gegenüber zu untersuchen. Am nächsten lag die Untersuchung der Durchlässigkeit. Ein erstes Urteil über dieselbe gewinnt man schon, wenn man den betreffenden Körper in dünner Schicht zwischen Fenster und Schirm hält. Man findet vor allem, daß die Durchlässigkeit oder Undurchlässigkeit der Körper für Licht nicht im mindesten maßgebend ist für die Kathodenstrahlen. Hier ist ein Beispiel davon (Fig. 5), die Reproduktion einer direkten photographischen Aufnahme am Aluminiumfenster. Man sieht in der oberen Hälfte den tiefen Schatten[1] einer für Licht völlig klar durchsichtigen, $^1/_2$ mm dicken rechteckigen Quarzplatte, und in der linken Hälfte als nur ganz matten Schleier das Abbild eines über diese ganze Hälfte gelegten, gewöhnlichen, für Licht undurchlässigen, etwas unregelmäßig begrenzten Aluminiumblattes. — Man muß indessen sehr Rücksicht nehmen auf die Dicke der schattenwerfenden Schicht. So erscheint z. B. die Quarzplatte dieses Versuches nur deshalb nicht durchlässig, weil sie dazu zu dick ist, und daß bei Hertz die Blattmetalle als erstes und zunächst einziges Beispiel durchlässiger Schichten erscheinen, lag an der Dünne, in welcher diese Metalle zu haben

[1] Es erscheint in den Figg. 5—8 hell für dunkel, wie in jedem photographischen Negativ, im Vergleich zum Anblick am Phosphoreszenzschirm.

sind; wir werden bald sehen, daß die allermeisten anderen Körper, ebensodünn gemacht, sogar noch durchlässiger sind als Gold und Silber. Zunächst kann man sich davon überzeugen, daß

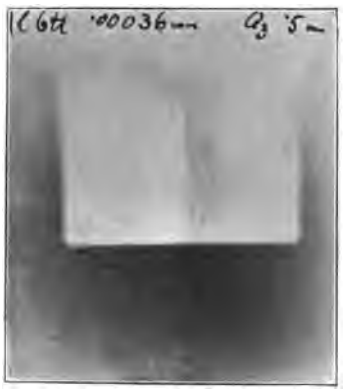


Fig. 5.
Quarzplatte und Blattaluminium

Fig. 6.
Aluminiumtreppe

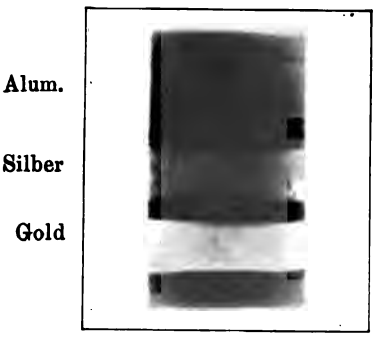


Fig. 7.
gleich dick (0,00071 mm)

Fig. 8.
gleich schwer (0,75 mg/mm²)

Schattenbilder, aufgenommen in lichtdichter, dünnwandiger Kassette vor dem Aluminiumfenster. Reproduktionen der Negative aus d. Jahr 1894 (18, 21).

die Absorption der Kathodenstrahlen in jeder Substanz ein ganz allmählich verlaufender Vorgang ist, ganz wie beim Lichte auch, wo man weiß, daß z. B. das undurchsichtige Gold durchsichtig wird, wenn man es nur dünn genug macht. Wir sehen hier (Fig. 6) den Schatten treppenförmig übereinandergelegter Aluminiumblätter, dabei links die jedesmalige Zahl der Blätter,

rechts deren gesamte Dicke. Es markiert sich jede Dickenstufe — außerdem auch jede Ungleichmäßigkeit in der Dicke der einzelnen Blätter — und man sieht, wie fast völlige Durchlässigkeit allmählich übergeht in fast völlige Undurchlässigkeit. Es handelte sich also bei jedem Körper nicht um die Entscheidung zwischen „durchlässig" und „undurchlässig" schlechthin, sondern darum, ein zahlenmäßiges Maß für die Stärke der Absorption der Kathodenstrahlen in ihm zu finden, sein Absorptionsvermögen zu messen, und ich habe dies für eine ansehnliche Zahl von festen und gasförmigen Körpern getan.

Das Resultat war wunderbar! All die bunte Mannigfaltigkeit von Eigenschaften, die wir an den verschiedenen Körpern um uns zu sehen gewohnt sind, verschwand. Es kam auf nichts an, als nur auf das Gewicht der Körper (21). Alles, was gleichschwer war, absorbierte auch gleich stark, was schwerer war absorbierte mehr, was leichter war weniger, und zwar immer im Verhältnis der Gewichte oder der Massen. Woraus aber die Körper chemisch bestehen, welches ihr Aggregatzustand und ihre sonstigen Eigenschaften seien, darauf kommt es in erster Annäherung gar nicht an; — ein ganz beispielloses Verhalten, das keiner anderen damals bekannten Strahlung eigen war.[1] In zweiter Annäherung, wenn wir besonders genau zusehen, findet sich ein kleiner Einfluß der chemischen Beschaffenheit der Körper; so z. B. absorbiert Wasserstoff und alles, was Wasserstoff enthält, ein klein wenig mehr, als dem Gewicht proportional. Ich muß es mir versagen, auf diese kleinen Abweichungen und ihre Bedeutung hier näher einzugehen.[2] Zur Illustration des in erster Annäherung geltenden Gesetzes von der Massenproportionalität der Kathodenstrahlenabsorption seien die direkt aufgenommenen Schattenbilder gleichdicker Aluminium-, Silber- und Goldschichten gezeigt (Fig. 7). Man sieht, daß das schwerere Silber mehr absorbiert, als das leichtere

[1] Später kamen die Röntgenschen Strahlen als zweites Beispiel einer nahe proportional den Massen absorbierbaren Strahlung hinzu.

[2] Siehe darüber (21, 47, 52).

Aluminium, und das schwerste Gold am meisten. Nehmen wir dagegen gleichschwere Schichten der 3 Metalle (Fig. 8), so erhalten wir auch gleiche Schatten, gleiche Absorption, und das Resultat wäre dasselbe geworden, wenn wir beliebige andere Körper in Schichten von gleichem Gewicht genommen hätten.

Ja, nicht nur in bezug auf die Absorption, auch in bezug auf die Trübung, welche ich ebenfalls bei einer Anzahl verschiedener Körper untersuchte (18b S. 257; 21 S. 265), kam es den Kathodenstrahlen in erster Linie auf nichts anderes an, als auf das Gewicht, auf die Masse des betreffenden Körpers, auf die Quantität der Materie — wie schon NEWTON sich ausdrückte — nicht auf die Qualität derselben.[1] Erinnnern wir uns nun, daß Kathodenstrahlen bei ihrer Ausbreitung in der Materie es mit den Molekülen derselben einzeln zu tun haben, so müssen wir schließen: die Moleküle der verschiedenartigsten Körper, also auch die Atome der verschiedenen chemischen Elemente unterscheiden sich nicht qualitativ, sondern nur quantitativ voneinander, d. h. sie bestehen alle aus einem und demselben Urstoff, enthalten denselben aber in verschiedener Menge. Diese alte, aber mangels stichhaltiger Angriffspunkte fast vergessen gewesene Hypothese der alchimistischen Goldmacher war hier von neuem und aufs äußerste nahe gerückt; diesmal aber nicht, um wieder zu verschwinden, sondern um sich zu bewähren, wofür wir als Beleg aus der neuesten Zeit die Resultate von RAMSAY (54) und RUTHERFORD (51) über wunderbare Umwandlungen des Radiums[2] in andere Elemente anführen. können. Um aber das Gesetz von der Massenproportionalität der Kathodenstrahlenabsorption zur Grundlage eingehenderer Schlüsse in bezug auf die Konstitution der Materie machen zu können, mußte man vor allem etwas davon wissen, was denn die

[1] Die diffuse Reflexion der Kathodenstrahlen, welche als rückwärts gerichtete, starke Zerstreuung aufgefaßt werden kann, ist ebenfalls durch die Masse bestimmt, wie einwandfrei aus den Messungen von A. BECKER hervorgeht (52 S. 448).

[2] Als Beweise für die Elementnatur des Radiums sind sein besonderes Spektrum und Atomgewicht beigebracht (38, 39).

Kathodenstrahlen eigentlich sind. Zu dieser Frage, welche ich ebenfalls gleich von Anfang an in Angriff nahm, wenden wir uns jetzt.

Vor allem können wir entscheiden, ob die Kathodenstrahlen Vorgänge in der Materie sind oder Vorgänge im Äther. Wenn wir einen Raum mit der Luftpumpe vollständig evakuieren, so enthält er keine Materie mehr, sondern nur den Äther, wie er auch im Himmelsraum sich findet. Nun weiß man beispielsweise schon lange, daß Schall durch solche evakuierte Räume nicht dringen kann, wohl aber Licht, elektrische und magnetische Kräfte. Man ist daher auch außer Zweifel, daß der Schall ein Vorgang in der Materie sei, das Licht, die elektrischen und magnetischen Kräfte aber Vorgänge im Äther. Den entsprechenden Versuch auch für die Kathodenstrahlen zu machen, war in den gewöhnlichen Entladungsröhren nicht möglich gewesen; denn sobald alle Luft weggenommen wird, hört auch die Erzeugung der Strahlen in einem solchen Rohre auf. Wir können nun aber, ohne die geringste Störung der Erzeugung, unsern Beobachtungsraum jenseits des Fensters völlig evakuieren, und zusehen, ob trotzdem die Kathodenstrahlen in ihm sich werden ausbreiten können. Es zeigte sich, daß die Ausbreitung der Strahlen im äußersten Vakuum sogar eine besonders gute ist; alle Absorption und Trübung durch die Gasmoleküle fällt da weg, die Strahlen entwickeln sich zur Länge von Metern, und zwar in solcher geradliniger Schärfe, wie man es sonst nur bei Lichtstrahlen zu sehen gewohnt ist (18). Sie sind also Vorgänge im Äther. Speziell, mit Bezug auf bereits hergebrachte Hypothesen, konnte man sagen: sie sind also sicher nicht strahlende Materie, nicht fortgeschleuderte Gasmoleküle, als welche man besonders in England sie zu bezeichnen gewohnt war.[1] Welche Art Vorgänge im Äther sie seien, blieb nun frei-

[1] Auch nach Bekanntwerden der Versuche mit dem Aluminiumfenster wurde diese Anschauung noch eine Weile beibehalten, indem man anzunehmen versuchte, daß molekulare Stöße durch das Fenster hindurch

lich zunächst unaufgeklärt. „Wellen im Äther“ hatten manche meiner Leser voreilig mir untergeschoben; sehr mit Unrecht; ich war weit davon entfernt, dies oder überhaupt mehr zu sagen, als was meine Versuche mir gezeigt hatten, und was zu ihrer Erläuterung dienlich schien. Hatte ich doch auch die Mittel in der Hand, täglich neues zu erfahren von der Natur selbst, in weiteren Versuchen. So dachte oder hoffte ich wenigstens. Nicht ganz erfreulich war es daher für mich, daß eben an dieser Stelle meine experimentelle Arbeit eine erhebliche Unterbrechung erleiden mußte, zuerst durch eine Aufgabe,

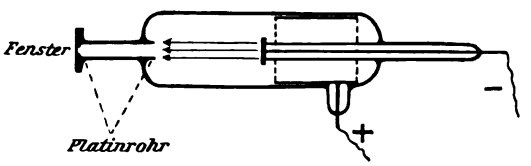


Fig. 9 (ca. 1/4 natürl. Gr.).

welche der so frühe Tod von Heinrich Hertz unerwartet mir brachte: die Herausgabe seiner „Prinzipien der Mechanik“, eine nicht leichte Sache, und alsdann durch eine theoretische Professur.

Kaum der Rede wert an sich, aber doch nicht unwesentlich für die Weiterentwicklung unseres Gegenstandes war es, daß ich noch vor jener Unterbrechung eine neue Form des Entladungsrohres von viel leichterer Anwendbarkeit geplant, soweit es mir noch möglich war geprobt, und sogleich zur Anwendung empfohlen und allgemein verfügbar gemacht hatte (18b S. 228). Hier (Fig. 9) ist der Fensterverschluß an einem Platinrohr angebracht, welches seinerseits in das Glas geschmolzen ist; die umfangreichen Kittungen, welche den Gebrauch des Rohres oft sehr beschwerlich machten, sind vermieden. Diese Form der Röhre besaß aber noch eine besondere, damals nicht vorauszusehende Eigenschaft. Es treffen in ihr die intensiven

auf die Moleküle der äußeren Luft bzw. auf im Vakuum zurückgebliebene Moleküle treibend wirkten.

Kathodenstrahlen die große Fläche des Platins, desjenigen Metalls, welches, wie man heute weiß, sie am besten in die — damals noch nicht bekannten — RÖNTGENschen Strahlen verwandelt. Diese Strahlen entstehen daher hier in besonders großer Menge, und sie haben außerdem Gelegenheit, durch das Fenster, vermischt mit den Kathodenstrahlen, oder auch für sich allein neben demselben in den Beobachtungsraum zu dringen, was bei der früheren Röhrenform durch die quer zu den Strahlen stehende, große und dicke Metallkapsel verhindert war (27). Die nun alsbald erfolgende Entdeckung jener Strahlen durch RÖNTGEN (22), den ersten Benutzer der eben beschriebenen Röhrenform, ist sehr allgemein als besonderes Beispiel einer Zufallsentdeckung angesehen worden. Jedoch, gegeben die Röhre, die Aufmerksamkeit des Beobachters bereits abgelenkt von ihrem Inneren auf die äußere Umgebung, die Anwesenheit von Phosphoreszenzschirmen daselbst bedingt durch den Zweck der Röhre, schien es mir, daß diese Entdeckung an eben diesem Punkte der Entwickelung ganz notwendigerweise erfolgen mußte.

Bei der Wiederaufnahme meiner Versuche wandte ich mich bald ausschließlich einem bereits von HERTZ (7b, S. 275) und SCHUSTER (13) entwickelten Gedanken zu, der in bezug auf die Natur der Kathodenstrahlen von Anfang an mir höchst wichtig erschienen war und zu dessen einwandfreier Durchführung ich daher schon in der ersten Periode meiner Versuche Anfänge gemacht hatte. Es war seit HITTORF schon bekannt, daß Kathodenstrahlen vom Magneten abgelenkt werden (2); außerdem konnte GOLDSTEINS auch schon länger bekannte Deflexion (4) der Kathodenstrahlen als eine Beeinflussung der Strahlen durch elektrische Kräfte gedeutet werden. Beide, die magnetische Ablenkung und die elektrische Deflexion der Strahlen verlaufen nun ganz in dem Sinne, als bestünde der Kathodenstrahl aus fortgeschleuderten, negativ elektrisch geladenen Massen, und aus messend[illegible] Versuchen über die Größe der magnetischen und der elektrischen Beeinflussung eines Strahles kann man sogar die Geschwindigkeit der supponierten Massen und außerdem die von

der Masseneinheit getragene elektrische Ladung (das Verhältnis von Ladung zur Masse) berechnen. Dies war es, was HERTZ und SCHUSTER sogar bereits ausgeführt hatten, allerdings mit einander entgegengesetzten Resultaten. HERTZ fand seine Beobachtungen unvereinbar mit der Annahme fortgeschleuderter Gasmoleküle, SCHUSTER fand die seinigen sehr wohl damit vereinbar, und betrachtete sie daher als Stütze dieser Annahme.

Dieser Widerspruch schien mir kein Wunder. Denn beide Beobachter waren auf das Innere des Enladungsrohres angewiesen gewesen; sie konnten durch die Komplikationen des Erzeugungsprozesses und die Anwesenheit des Gases getäuscht worden sein, wie sie sich denn auch in der Tat beide selber mit Reserve ausdrücken. Es war an der Zeit, diese wichtigen Versuche unter reinen Verhältnissen, also außerhalb des Entladungsrohres und im äußersten Vakuum anzustellen, und man durfte besonders gespannt sein auf den Ausfall. Denn wissen wir bereits, daß die Strahlen Äthervorgänge, nichts Materielles sind, so mußte es geradezu wunderbar erscheinen, daß sie dennoch geschleuderte, negativ elektrisierte Gasmoleküle so täuschend nachahmten. Nichts Bekanntes hatte aus diesem Dilemma der geschleuderten Moleküle und der Äthervorgänge herausgeführt; jene Versuche sollten es nun tun; da mußten sie denn in jedem Falle völlig Neues zutage fördern.

Schon während der Fertigstellung der Versuche[1] sollte ich erfahren, daß auch andere von deren Wichtigkeit bereits überzeugt waren. J. J. THOMSON trat zuerst hervor mit einer inhaltreichen Publikation über den Gegenstand (25). Seine Versuche waren, wie die von HERTZ und SCHUSTER, in der Entladungsröhre ausgeführt. Den Gefahren der Täuschung durch das Mitspielen der erzeugenden Entladung suchte er durch Schutzvorrichtungen zu entgehen, den Mangel an Zuverlässigkeit wegen Anwesenheit des Gases durch weitgehende Variation der

[1] In Aachen unter WÜLLNERS Institutsdirektion und Beihilfe (1896) wieder aufgenommen, waren dieselben durch nochmals wiederholten Wechsel von Professur und Arbeitsort erneut unterbrochen gewesen.

Versuchsbedingungen auszugleichen. Mir war es klar, daß alles, was noch folgen sollte, auf diesem Pfeiler werde ruhen müssen, vor welchem ich mich durch die Diskrepanz zwischen HERTZ und SCHUSTER gewarnt hielt. Es schien mir, daß er vor seiner Benutzung für das Gebäude der Wissenschaft so direkt und so strenge geprüft werden sollte, als die vorhandenen Mittel es gestatteten. Ich führte daher meine Versuche zu Ende. Folgendes waren die Resultate (28).

Die Geschwindigkeit der supponierten Massen war rund ein Drittel der Lichtgeschwindigkeit, und das Verhältnis von Ladung zu Masse war rund 1000 mal so groß als bei einem Wasserstoffatom in der Elektrolyse, welches letztere Atom der leichteste materielle Elektrizitätsträger ist, den man kennt. Wären also die Strahlen geschleuderte Wasserstoffatome, so wäre ihre Ladung hier 1000 mal so groß anzunehmen als in der Elektrolyse. Dieser Fall war jedoch durch meine früheren Versuche bereits ausgeschlossen, welche gezeigt hatten, daß die Strahlen Materielles nicht sind. Vielmehr hatte ich jetzt weiter zu schließen, die Entdeckung bisher unbekannt gebliebener Teile des Äthers gemacht zu haben, welche elektrische Ladung repräsentieren und wie träge Massen sich bewegen. — Die Geringfügigkeit der gefundenen Trägheit — $^1/_{1000}$ der Trägheit des Wasserstoffions, bei gleicher Ladung — und das sonstige Verhalten (30) dieser Teile des Äthers machte es leicht, sie mit dem zu identifizieren, was man längst unter dem Namen des „elektrischen Fluidums" sich vorgestellt hatte. Die Lösung des Dilemmas war also diese: Die Strahlen sind nicht geschleuderte elektrisch geladene Moleküle, sondern sie sind einfach geschleuderte Elektriziät. Was man nie glaubte gesehen zu haben: Elektrizität ohne Materie, elektrische Ladung ohne geladenen Körper, das haben wir also in den Kathodenstrahlen als bereits unter unseren Händen befindlich gefunden. Wir haben gewissermaßen die Elektrizität selbst entdeckt, ein Ding, über dessen Existenz oder Nichtexistenz, über dessen eventuelle Eigenschaften man seit GILBERT und FRANKLIN vergeblich sich Gedanken gemacht hatte. Naiv hatten die alten Forscher, auch erst recht COULOMB noch,

von den Elektrizitäten wie von etwas fast greifbar Existierendem gesprochen. Doch die Fülle der bekannten elektrischen Erscheinungen wuchs immer mehr an, ohne daß je jemand hätte behaupten können, von den supponierten Elektrizitäten selber etwas bemerkt zu haben. So kam es — etwa ein Menschenalter nach COULOMB — daß FARADAY (1) und dann MAXWELL (3) die Aufmerksamkeit völlig ablenkten von den Elektrizitäten, um sie auf die der Beobachtung zugänglichen elektrischen Kräfte zu konzentrieren. Diese Kräfte — als Zustände im Äther gedacht — haben in der Tat in den berühmten Versuchen von HERTZ (9) so selbständig existenzfähig sich gezeigt, daß man von da ab nur noch um so mehr sich geneigt fühlen konnte, ihre früher als unentbehrlich immer hinzugedachten Zentren, die Elektrizitäten, völlig zu vergessen. Nun — wieder etwa ein Menschenalter nach FARADAY und MAXWELL — hat sich das Bild etwas geändert; es ist vollständiger geworden. Wir haben in den Kathodenstrahlen ein Mittel erhalten, die Elektrizität ebensogut der Beobachtung zu unterziehen, wie früher die elektrischen Kräfte allein; wir können in diesen Strahlen die Bewegungen der Elektrizität da- und dorthin verfolgen, auf meterlange Strecken, wenn wir wollen, und zwar direkt mit den Sinnen, ohne jede Zwischenschaltung theoretischer Schlüsse; wir können zusehen, wie sie unter verschiedenen Verhältnissen sich benimmt, welches ihre Eigenschaften sind; wir sind in den Stand gesetzt, den alten Namen „Elektrizität" mit einem der Erfahrung zu entnehmenden, neuen Inhalt zu versehen.

Dieser neue Inhalt, von dem wir heute schon manches haben, sieht nun in der Tat vielfach ganz anders aus, als man vorher sich hätte vorstellen mögen.

Vor allem muß hervorgehoben werden, daß alles, was wir von Elektrizität sagen, nur von der negativen Elektrizität gilt, nicht von der positiven, über welch letzere auch heute noch nicht gut reden ist. Man kann nicht sagen, daß man sie kenne; man kennt nur positiv geladene Materie, seien es Atome, Mole-

küle oder Molekülanhäufungen.[1] Wir bedienen uns daher der unitarischen Ausdrucksweise, und sagen: positiv geladen ist ein Stück Materie dann, wenn es negative Elektrizität verloren hat.

Betrachten wir nun also die negative Elektrizität, wie sie sich in unseren Versuchen zeigt. Wie müssen wir da vor allem über die Freiheit ihrer Bewegungen staunen, die man bisher nur im Innern metallischer Leiter vorhanden glaubte. Schon in der Entladungsröhre, mitten im Gase, versetzen wir diese Elektrizität durch die an die Elektroden gewandte Spannung in beschleunigte Bewegung, und alsbald hat sie ein Drittel Lichtgeschwindigkeit, 100000 km per Sekunde, erreicht, einen Kathodenstrahl darstellend. Nun trifft sie auf das Aluminiumfenster. „Daran wird sie haften bleiben und zur Erde fließen", hätte man nach früher Bekanntem zu denken gehabt. Weit davon entfernt: sie durchfliegt die Metallplatte (28 S. 28) und zwar, wie ich mich habe überzeugen können, ohne nennenswerten Geschwindigkeitsverlust (19; 46 S. 479). Jenseits des Fensters kann sie etwa vollständiges Vakuum finden, worin sie ihren Weg geradlinig fortsetzt, eine elektrische Strömung im leeren Äther darstellend, einen Vorgang, an dessen Möglichkeit man vorher durchaus gezweifelt hatte. Trifft sie schließlich ein Metallstück von genügender Dicke, so bohrt sie sich in dessen Inneres, um dort stecken zu bleiben und schließlich nach Beschreibung so außergewöhnlicher Wege als gewöhnliche Ladung an der Oberfläche des Metallstückes zu erscheinen (28).

Von besonderem Interesse ist die Frage, ob die Elektrizität kontinuierlich den Raum erfülle oder diskontinuierlich, ob sie Struktur besitze. Ich habe zwei entgegengesetzt gerichtete Kathodenstrahlen denselben Raum durchziehen sehen und bei quantitativer Untersuchung der Erscheinung nicht die mindeste gegenseitige Störung der beiden Strahlen bemerkt (44 S. 165). Dies sieht aus, als bestünde die Elektrizität dieser Strahlen aus

[1] So haben sich beispielsweise die Kanalstrahlen und, soweit untersucht, auch die α-Strahlen des Radiums als geschleuderte, positiv geladene Moleküle erwiesen.

diskreten, und zwar sehr kleinen Teilen mit viel freien Zwischenräumen. Die Teile selber können wir uns als gegenseitig so gut wie undurchdringlich vorstellen, denn sie müssen, sobald zwei derselben einander nur sehr nahe kommen, nach dem COULOMBschen Gesetz enorme Abstoßungskräfte aufeinander ausüben. Der beste Beweis von Struktur der Elektrizität ist aber von ganz anderer Seite her genommen und ist schon älter.

Wir kommen da zur Erwähnung des Anschlusses unserer Befunde an schon vorher Bekanntes. Nur Weniges und bis dahin vereinzelt Dastehendes war es, was sich da zum Anschluß bot, und es bezog sich auf Vorgänge in und an einzelnen Atomen, also auf unmittelbar nicht Kontrollierbares, aber der Anschluß war ein sehr guter und fruchtbarer.

HELMHOLTZ hatte in seiner zum Gedächtnis FARADAYS gehaltenen Rede bereits vor Jahren darauf aufmerksam gemacht, daß es in den Erscheinungen der Elektrolyse genau so sich verhalte, als wäre die Elektrizität in bestimmte Teile von immer gleichbleibender Größe abgeteilt, ganz wie die Materie in Atome abgeteilt uns gegeben ist (6). Dies war jene schon vorhanden gewesene Anzeige von Struktur der Elektrizität, von der Existenz bestimmter elektrischer Atome, elektrischer Elementarquanten, wie HELMHOLTZ sie nannte.[1]

Von der Seite der Optik her hatte weiterhin die schon durch HERTZ' berühmte Versuche (9) als unabweislich gegebene Anschauung, daß jedes leuchtende Atom als ein elektrischer Oszillator anzusehen sei, plötzlich greifbare Gestalt erhalten durch die Entdeckung von ZEEMAN, der zusammen mit LORENTZ aus seinen Beobachtungen schließen konnte, daß es negativ[2]

[1] Ich erinnere mich, diesen Ausdruck in seiner im Sommersemester 1885 gehaltenen Experimentalvorlesung wiederholt von ihm gehört zu haben.

[2] Merkwürdigerweise war in ZEEMANS ersten Veröffentlichungen „positiv" — statt negativ — gedruckt zu lesen (24 S. 18), was die Beziehung seiner Entdeckung zu den Kathodenstrahlen seinerzeit nicht so schnell ersichtlich werden ließ.

YALE LIBRARY

— nicht positiv — elektrische Masse sei, welche in den leuchtenden Atomen einer Natrium- oder anderen Metallflamme schwinge, und daß ein bestimmt angebbares Verhältnis zwischen Ladung und Masse des Schwingenden vorliege (24). Das Verhältnis war von derselben Größe, wie es kurz danach in der erwähnten Weise an den Kathodenstrahlen gefunden wurde.

Da lag der Gedanke nahe, daß es sich in all diesen Fällen, bei den Ionen der Elektrolyse, in den leuchtenden Metallatomen und in den Kathodenstrahlen, ja vielleicht dann auch überall, wo Elektrizität eine Rolle spielt, um dieselben elektrischen Elementarquanten handeln könnte, von deren Existenz zuerst FARADAYS elektrolytisches Gesetz Anzeige gegeben hatte und von welchen dann die Kathodenstrahlen auch noch weiterhin vermehrte Kenntnis zu liefern fähig wären. Dieser Gedanke hat sich bewährt, dermaßen, daß aus ihm ein neuer Zweig der Physik hervorgewachsen ist, von viel Fruchtbarkeit und schon heute von solchem Umfange, daß es einem Einzelnen, der im wesentlichen nur über seine eigene Arbeit berichten will, nicht weiter zukommen kann, in Allgemeinheit davon zu reden. Nur dreierlei sei mir erlaubt zu erwähnen:

Erstens, als eine erste wichtige quantitative Probe unserer Schlüsse, die von WIECHERT durchgeführte direkte experimentelle Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Kathodenstrahlen, wobei sich dieselbe gleich ergab der aus den elektrischen und magnetischen Ablenkungen wie angegeben berechneten, rund ein Drittel Lichtgeschwindigkeit (29).

Zweitens, KAUFMANNS experimentelles, auf Grund der von J. J. THOMSON und exakt von HEAVISIDE angebahnten Überlegungen (10) erhaltenes Resultat über die elektrischen Elementarquanten, daß nämlich deren Masse, deren Trägheit rein elektromagnetischer Natur sei (55), ein Resultat, das wir auch so interpretieren können: Wir haben kein Anzeichen davon, daß die (negative) Elektrizität ein besonderer mit Trägheit begabter Stoff sei; nur als ein Zustand erscheint sie, und zwar genau als derjenige Zustand des Äthers, welchen wir seit FARADAY (1), MAXWELL (3) und HERTZ (9) unter dem Namen des

elektrischen Kraftfeldes in der Umgebung elektrisierter Körper immer schon anzunehmen gewohnt waren, ein Zustand, welcher nach HERTZ (20) und BJERKNES (33) in verborgenen Bewegungen des Äthers bestehen könnte. Auch an den reinen Elementarquanten der Elektrizität hat sich also nichts weiter gezeigt als nur jener Ätherzustand in ihrem Umkreise. Da erscheinen uns denn diese Elementarquanten selbst ganz im MAXWELLschen Sinne als die vielleicht leeren und nur rein geometrischen Zentren der elektrischen Kräfte, nur daß wir behaupten können, jetzt mit Erfolg imstande zu sein, diese Zentren einzeln zu betrachten, sie auf ihren Wegen zu verfolgen und Fragen zu stellen nach den geometrischen Verhältnissen ihrer Größe, ihrer Form. Die Kathodenstrahlen, die fortgeschleuderten Zustandszentren, erscheinen uns nach diesem Ergebnis mehr denn je als das, wofür sie sich uns von Anfang an gezeigt hatten: als reine Äthervorgänge.

Drittens müssen wir die Namen nennen, welche man den gefundenen Teilen der Elektrizität, jenen Zustandszentren, gegeben hat: „Elementarquanten der Elektrizität" oder kurz „Quanten" habe ich sie im Anschluß an HELMHOLTZ genannt; von „Korpuskeln" spricht J. J. THOMSON, von „Elektrionen" Lord KELVIN; Trivialname ist aber der auch von LORENTZ und ZEEMANN bevorzugte Name „Elektronen" geworden.

Wir haben bisher von den fertigen Kathodenstrahlen gesprochen; jetzt wollen wir eingehen auf die Arten ihrer Entstehung, ihrer Erzeugung.

Die älteste, lange als einzige bekannte Erzeugungsart, die wir auch im bisherigen ausschließlich benutzt haben, ist die in der Entladungsröhre. Hier entstehen die Strahlen, wie es ihrem Namen entspricht, an der Kathodenplatte. Durch eine Wirkung — Nähewirkung, wie ich sie nenne (53) — der unter dem Einfluß der vorhandenen elektrischen Kräfte stehenden Gasmoleküle auf das Elektrodenmetall werden Quanten aus dem letzteren herausgezogen. Sobald sie frei sind, unterliegen sie den

beschleunigenden Kräften des Feldes zwischen den Elektroden und bewegen sich daher mit wachsender Geschwindigkeit von der Kathode weg; der Strahl ist fertig. Seine Endgeschwindigkeit, mit welcher wir ihn etwa durch ein Fenster aus der Röhre herauslassen, ist gegeben durch die Größe der angewandten elektrischen Spannung; und eben darin, daß tatsächlich diese ganze Spannung, nicht etwa nur ein Bruchteil derselben für die Endgeschwindigkeit bestimmend ist, liegt der Beweis dafür, daß der Ursprung des Strahles an der Kathodenoberfläche, nicht etwa mitten im Gas zu suchen ist.[1] Je nach der Größe der angewandten elektrischen Spannung können wir in dieser Weise beliebig schnellere oder langsamere Kathodenstrahlen erzeugen, und wenn wir bisher von $^1/_3$ Lichtgeschwindigkeit gesprochen haben, so galt dies nur für die eine, bestimmte Spannung, etwa 30 000 Volt, welche ich bei meinen Versuchen gewöhnlich anwandte und einhielt.

Wie würden sich nun schnellere, wie langsamere Strahlen verhalten? Es war hierüber schon frühe, aus meinen ersten Versuchen, in welchen ich die Spannung und also die Geschwindigkeit probeweise ein wenig variierte, etwas vorauszusagen (18b, S 266; 19; 21, S. 261). Von sehr schnellen Strahlen war die interessante Eigenschaft sehr geringer Absorbierbarkeit (großer Penetranz) zu erwarten[2]; die langsamen Strahlen ver-

[1] Es war dies eine bei manchen früheren Untersuchungen über Kathodenstrahlen zunächst willkürlich gemachte Annahme; der angegebene Beweis für ihre Richtigkeit ist im Laufe der Zeit mit immer wachsender Genauigkeit geliefert worden, am genauesten wohl von A. Becker (52, S. 404).

[2] Als die Röntgenschen Strahlen entdeckt wurden, schien diese Erwartung in ihnen sich zu erfüllen; ihre zuerst bekannt gewordenen Eigenschaften stimmten mit dem, was nach meinen Versuchen für schnellste Kathodenstrahlen zu erwarten gewesen wäre (27). Erst die wohl zuerst überzeugend schon von Righi gemachte Beobachtung, daß die Röntgenschen Strahlen negative Ladung nicht mit sich führen (23), hatte die Hypothese, daß sie schnellste Kathodenstrahlen seien, als unhaltbar gezeigt. Man hält sie heute für kurze, transversale Ätherstöße, eine Art ultra-ultravioletten Lichtes. Daß solche Ätherstöße bei starker Absorption

sprachen dagegen am besten Auskunft zu geben über die Kräfte der Atome, die Konstitution der Materie. Die Durchführung reiner Versuche in genügend weitem Geschwindigkeitsbereich schien jedoch lange eine Unmöglichkeit. Denn die für sehr schnelle Strahlen nötigen, großen Kräfte hielt das Glas der Entladungsröhren nicht aus, und die langsamen Strahlen waren wohl leicht in der Röhre zu erzeugen, kamen aber durch das Fenster nicht heraus; sie waren zu absorbierbar. Auch anderes versagte.[1]

Beide Probleme, das langsamster und das schnellster Strahlen fanden schließlich auf ganz neuen Wegen ihre Lösung.

Eine Entdeckung von HERTZ — schon aus dem Jahre 1887 (8) —, bald darauf von HALLWACHS vervollständigt (11), hatte gezeigt, daß Metallplatten durch bloße Beleuchtung, namentlich mit ultraviolettem Licht, negative Elektrizität in die Luft abgeben. Diese merkwürdige Tatsache — heute meist als lichtelektrische Wirkung bezeichnet — nahm gleich damals mein Interesse gefangen und hielt es auch seitdem fest. Gemeinschaftlich mit dem Astronomen WOLF ausgeführte Versuche zeigten mir zunächst, daß das ultraviolette Licht die Körper rauh mache, zerstäube (12; 46, S. 490). Spätere Versuche ließen es mir aber unwahrscheinlich werden, daß Metallpartikel die negative Ladung von der Platte forttrügen; ich kam vielmehr bereits zur Zeit meiner ersten Versuche über die Kathodenstrahlen, als ich gefunden hatte, daß die Luft vor dem Aluminiumfenster leitend wird (18), zu der Vorstellung, es könnten Kathodenstrahlen durch das ultraviolette Licht aus der Platte in die Luft getrieben werden. Ich bemühte mich aber damals

von Kathodenstrahlen, wie beispielsweise im schweren Platin, in der Tat entstehen können, folgt, wie von HEAVISIDE zuerst entwickelt, aus MAXWELLS Theorie (10), und daß äußerst kurzwelliges, ultraviolettes Licht ungebrochen durch Prismen gehen werde, hat HELMHOLTZ bereits in seiner Dispersionstheorie voraussehen lassen (17c, S. 517). — Verwirklicht haben sich jene vorausgesehenen, wenig absorbierbaren Kathodenstrahlen erst in den Strahlen des Radiums.

[1] Ich hatte u. a. statt des Fensters enge Kanäle zwischen Erzeugungsraum und vollständig evakuierten Beobachtungsraum zu schalten versucht; sie ließen aber zu viel Gas durch.

und auch später wiederholt vergeblich, die eventuellen Strahlen im Vakuum auf Phosphoreszenzschirmen zu finden. Erst der auf Grund von Righis Arbeiten (14) gefaßte Entschluß, das Elektrometer an Stelle des Phosphoreszenzschirmes zu benutzen, brachte die Existenz der Strahlen zum Vorschein. Hier ist der benutzte Apparat (Fig. 10). *U* ist die Platte, welche belichtet werden soll, sie befindet sich im vollständigen Vakuum; der Quarzverschluß bei *B* läßt das ultraviolette Licht ein. Von *U*

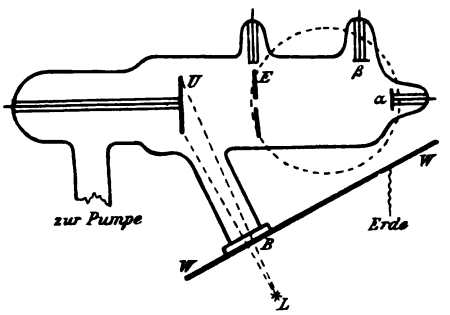


Fig. 10 (ca. $^1/_3$ natürl. Gr.).

aus gehen dann die Kathodenstrahlen, von welchen die Gegenplatte *E* mit dem Loch ein schmales Bündel aussondert. Dieses Bündel trifft die kleine Platte α, welche die von dem Bündel mitgebrachte negative Ladung sammelt und dadurch die Existenz der Strahlung am Elektrometer anzeigt. Wir nähern der Röhre in geeigneter Weise einen Magneten oder die punktierte Stromrolle und finden nun die Ladung auf der Platte β statt auf α, zum Zeichen, daß der unsichtbare Strahl auch wirklich vom Magneten abgelenkt wird, und zwar in dem für Kathodenstrahlen richtigen Sinne. Die quantitative Durchführung des Versuchs zeigte, daß die Ablenkung auch von richtiger Größe ist, daß dasselbe Verhältnis zwischen Ladung und Masse der Quanten vorliegt, wie auch bei den in Entladungsröhren erzeugten Strahlen (32; 44, S. 150; 46).

Sobald in dieser Weise die Erzeugung von Kathodenstrahlen durch ultraviolettes Licht außer Zweifel gesetzt und

ihr Verhalten genügend bekannt geworden war, gelang es mir auch schnell, sie auf Phosphoreszenzschirmen wahrzunehmen (14) und dann weiter zu verfolgen und zu benutzen, worauf wir noch zurückkommen. Zur Erzeugung selbst sei noch folgendes bemerkt.

Erstens, daß sie — was für reine Versuche wichtig ist — auch im vollständigen Vakuum stattfindet, wo die gewöhnliche Erzeugungsweise versagt. Anwesenheit eines Gases ist nicht nötig, stört aber auch die Erzeugung nicht. Wir haben es eben mit einer unmittelbaren Wirkung des Lichtes auf das Metall der Platte zu tun. Die Anfangsgeschwindigkeiten, mit welchen die Quanten aus der Platte treten, sind so gering, daß schon einige Volt negativer Ladung an der Gegenplatte genügen, um sie vor Erreichung dieser letzteren zur Umkehr zu zwingen. Sie gelangen dann wieder zurück zur belichteten Platte, wie ein aufwärts geworfener Stein wieder zurückfällt zur Erde (32; 44).[1]

Wir erhalten also hier äußerst langsame Kathodenstrahlen; wollen wir schnellere haben, so brauchen wir nur die Gegenplatte positiv zu laden. Durch die Stärke der elektrischen Spannung dieser Gegenplatte haben wir es in der Hand, beliebig die Geschwindigkeit der Strahlen zu regulieren.

Was zweitens die Art der Wirkung des ultravioletten Lichtes auf die Platte anlangt, so haben wir uns dieselbe so zu denken, daß die Lichtwellen das Innere der Metallatome der Platte in Erschütterung bringen. Daß Atome schwingungsfähige negative

[1] Meine erste, ausführliche Mitteilung über den Gegenstand (32) erschien in den Sitzungsberichten der Kaiserl. Akademie der Wiss. zu Wien vom 19. Oktober 1899. Im Dezember-Heft des „Philosophical Magazine" desselben Jahres veröffentlichte J. J. Thomson Untersuchungen „On the Masses of the Jons in Gases at Low Pressures", in welchen die lichtelektrische Wirkung eine Rolle spielt, ihr Sitz aber noch in dem der belichteten Platte benachbarten Gase gesucht wird, wie die Bemerkungen auf S. 552 dortselbst zeigen. In desselben Autors Buche „Conduction of Electricity through Gases", 2. Aufl. 1903, S. 109, erscheint meine Veröffentlichung zeitlich um ein Jahr hinter die eben genannte des Autors verschoben, indem nicht das Original, sondern ein späterer Wiederabdruck (Ann. der Phys. Bd. 2. S. 359, 1900; daselbst als Wiederabdruck aus den Wiener Ber. 1899 ausdrücklich gekennzeichnet) zitiert wird.

Elektrizität enthalten, haben wir als durch ZEEMANNS Entdeckung erwiesen, bereits erwähnt. Wenn nun das Mitschwingen eines negativen Quants im Atom mit den Lichtwellen zu heftig wird, so fliegt das Quant heraus aus dem Atom[1] und damit auch aus der Platte; wir haben einen Kathodenstrahl.

Die Geschwindigkeit des Herausfliegens haben wir bereits als sehr gering angegeben. Ich habe aber außerdem gefunden, daß diese Geschwindigkeit unabhängig ist von der Intensität des angewandten ultravioletten Lichtes (44), und daraus geschlossen, daß die Energie des Herausfliegens garnicht vom Lichte stammt, sondern aus dem Innern des betreffenden Atoms. Dem Licht kommt nur eine auslösende Rolle zu, etwa wie dem Zünder beim Abfeuern eines bereits geladenen Geschützes. Dieser Schluß scheint mir wichtig, denn wir erfahren durch ihn, daß nicht nur die Atome des Radiums — dessen Eigenschaften man damals eben anfing, näher zu erkennen — Energievorräte in sich haben, sondern auch die Atome der andern Elemente; auch diese können strahlen, und sie zerfahren dabei vielleicht ebenfalls völlig, entsprechend dem Zerstäuben und Rauhwerden der Körper im ultravioletten Lichte. Diese Auffassung ist jüngst im Kieler Institut durch besondere Versuche bestätigt worden, welche auch zeigten, daß die lichtelektrische Wirkung auch bei der Temperatur der flüssigen Luft mit unveränderten Anfangsgeschwindigkeiten statthat.

Nicht nur auf den festen Aggregatzustand dürfen wir die betrachtete Wirkung des Lichtes als beschränkt ansehen. Auch die Moleküle bzw. Atome von Gasen erleiden eine ganz entsprechende Wirkung durch ultraviolettes Licht (35; 40); man darf annehmen, daß Quanten aus ihnen herausfliegen (49, S. 486); das Gas wird dadurch elektrisch leitend in einer Weise, auf die wir noch eingehen. Ist das Gas sauerstoffhaltig, wie die Luft, so entsteht dabei als ein Nebenprodukt auch noch Ozon (35).[2]

[1] Es ist dies ein Vorgang, welcher in HELMHOLTZ' umfassender Dispersionstheorie bereits früher vorgesehen sich findet (17 c, S. 518).

[2] Man hat nach seitherigen Untersuchungen von WARBURG Grund anzunehmen, daß auch die ergiebigste der heutigen Ozondarstellungs-

Dieselbe Wirkung des Lichtes, Kathodenstrahlen zu erzeugen, Atome zu zerschütteln, Quanten aus ihnen in Freiheit setzend, ist auch im Spiel bei der Phosphoreszenzerregung durch Licht (50 S. 671) und wohl also auch bei der Fluoreszenzerregung, vielleicht auch bei allen photochemischen Wirkungen. Behalten wir vor Augen, daß wir bei der lichtelektrischen Wirkung Energien aus dem Inneren der Atome in Umsetzung gefunden haben, so dürften wir uns nicht wundern, wenn wir künftig vielleicht Erscheinungen von der Art der eben genannten als Quellen von außen her nicht zugeführter Energie funktionieren sehen.

Erwähnt sei noch, daß nach den Untersuchungen von CURIE und SAGNAC (37), sowie DORN (42), auch den RÖNTGENschen Strahlen, gleich dem ultravioletten Licht, die Wirkung zukommt, Kathodenstrahlen zu erzeugen, womit auch die Fähigkeit der RÖNTGENschen Strahlen übereinstimmt, Gase elektrisch leitend zu machen und Phosphoreszenz und photochemische Wirkungen zu erregen. —

Kaum war durch das ultraviolette Licht für die Erzeugung der langsamsten Strahlen gesorgt, so fand auch das Problem der schnellsten Strahlen seine Lösung. Die Strahlen des Urans und Radiums waren bereits bekannt; BECQUEREL, P. und M. CURIE waren auf dem Wege, diese ihre Entdeckungen weiter zu verfolgen. Durch Anwendung der vorgeschilderten, an den Kathodenstrahlen der Entladungsröhre in der angegebenen Weise ausgebildeten

---

methoden, die mit Hilfe der sogenannten stillen elektrischen Entladungen, ganz oder doch zum großen Teil durch das ultraviolette Licht dieser Entladungen wirke (48). — Die heute erhältlichen, reichen Quellen ultravioletten Lichtes, beispielsweise die elektrische Quecksilber-Quarz-Lampe, verbreiten so auffallenden Ozongeruch in ihrem Umkreise, daß diese Wirkung des ultravioletten Lichtes jetzt wohl Alltäglichkeit geworden ist. Nichtsdestoweniger scheint beispielsweise der meteorologischen Bedeutung der Wirkungen des ultravioletten Sonnenlichtes in den höheren Schichten der Atmosphäre (35, S. 504) noch nicht genügende Aufmerksamkeit geschenkt worden zu sein. — Ob auch die zuerst am Aluminiumfenster gefundene Ozonisierung durch Kathodenstrahlen (18) Wirkung des dort auftretenden Lichtes sei, oder aber direkte Wirkung der Kathodenstrahlen, ist noch unentschieden.

Methoden auf diese neuen Strahlungen gelang es zu zeigen, daß dieselben zum Teil Kathodenstrahlen sind (34; 36; 41),[1] und zwar — wie wunderbar! — Kathodenstrahlen von nahezu oder ganz voller Lichtgeschwindigkeit (43). Was keine Entladungsröhre auszuhalten vermochte, das vollbringt also das Radiumatom — und ganz von selber —, nicht ohne freilich dabei völlig zugrunde zu gehen (51; 54).

Nachdem so die ganze Skala aller Geschwindigkeiten von der Ruhe bis zur Lichtgeschwindigkeit zur Verfügung stand, lohnte es sich, auf das Verhalten der Materie den Strahlen gegenüber von neuem und näher einzugehen.

Wir haben aus der Trübung, welche alle Körper, z. B. auch die Luft, den Kathodenstrahlen gegenüber zeigten, bereits geschlossen, daß jedes Körpermolekül bzw. Atom als gesondertes Hindernis auf die Strahlen wirkt, als ein Hindernis, welches sie von ihrem Wege mehr oder weniger ablenkt. Wie haben wir uns nun diese Ablenkung vorzustellen? Prüfen wir zuerst, ob nicht etwa die Quanten der Strahlen an den Körpermolekülen reflektiert werden, sowie die Moleküle eines Gases aneinander reflektiert werden, wenn sie zusammenstoßen. Es würde dann ein Kathodenstrahl in dem Gase auf diejenige Länge beschränkt sein, welche man als die mittlere freie Weglänge sehr kleiner Körperchen zwischen den Gasmolekülen nach den Angaben der kinetischen Gastheorie leicht und sicher berechnet. Diese Weglängen sind aber sehr klein; in Wasserstoff von 40 mm Druck z. B. etwa zwei Hundertel Millimeter. Über diese kleine Länge hinaus würde dann in diesem Gase ein Strahl sich überhaupt nicht entwickeln können; das heißt, es würde so gut wie sofortige Diffusion erfolgen. So trübe sind nun aber die Gase bei weitem nicht, wie meine in Zeichnungen veröffentlichten Beobachtungen schon früher gezeigt hatten (18b). Selbst die atmosphärische Luft von vollem Drucke hat sich, wie wir

[1] Es ist dies der gewöhnlich mit β bezeichnete Teil der gesamten Strahlung des Urans oder Radiums.

bereits gesehen haben (Fig. 4), klarer gezeigt, und noch viel klarer ist das leichtere und außerdem auf den angegebenen Druck von 40 mm verdünnte Wasserstoffgas; Fig. 11 stellt den am Phosphoreszenzschirm beobachteten Strahlverlauf in ihm dar. Die punktierten Linien geben an, wie weit das geradlinige Licht unter gleichen Verhältnissen sich ausbreiten würde. Wir sehen, daß der Kathodenstrahl auf der Länge von 10 cm noch kaum merklich von dieser geradlinigen Ausbreitung abweicht, erst darüber hinaus geht er deutlich mehr in die Breite. Die Länge

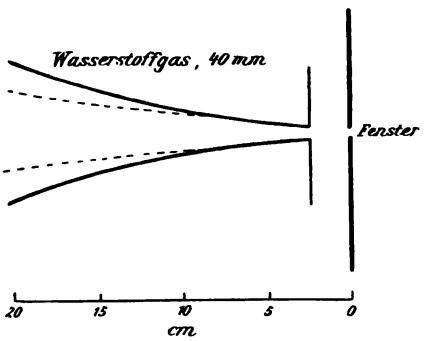


Fig. 11 (aus 18b).

von 10 cm ist aber das 5000fache jener freien Weglänge von 0,02 mm. Hieraus folgt, daß hier die Strahlquanten 5000 Wasserstoffmoleküle quer durchfahren haben müssen, ehe sie die erste merkliche Richtungsänderung erfuhren. Staunend sehen wir, daß wir über die alte Undurchdringlichkeit der Materie hinaus gekommen sind. Wohl beansprucht jedes Atom der Materie seinesgleichen gegenüber einen undurchdringlichen Raum für sich;[1] jedoch den feinen Quanten der Elektrizität gegenüber

[1] Wenigstens bei den gewöhnlich vorkommenden Geschwindigkeiten der Moleküle. Für sehr große Geschwindigkeiten, wie sie bei den α-Partikeln des Radiums vorkommen, wäre nach den Anschauungen, zu welchen wir über die Konstitution der Atome gelangen, gegenseitige Durchdringlichkeit auch ganzer Atome, wenn auch vielleicht unter Zerstörung derselben, nicht ausgeschlossen. Neuere Untersuchungen von Bragg und Kleemann versprechen Auskunft hierüber.

erweisen sich alle Atomsorten als sehr durchlässige Gebilde, wie aufgebaut aus feineren Bestandteilen mit vielen Zwischenräumen.

Welches sind nun diese feineren Bestandteile der Atome? Daß es bei allen Atomen die gleichen Bestandteile seien, nur in verschiedener Zahl vorhanden, haben wir bereits aus dem Gesetz der Massenproportionalität der Absorption geschlossen. Wir können nun näheres erfahren. Wir können die Quanten der Kathodenstrahlen als kleine Prüfkörperchen benutzen, die wir das Innere der Atome durchfahren lassen, daß sie uns dann Kunde von diesem Innern bringen.

Das Erste und Auffallendste, was ihnen auf solcher Reise passieren kann, die Ablenkung aus der geradlinigen Bahn, haben wir als Diffusion der Strahlen soeben schon betrachtet. Eine solche Ablenkung erfahren Kathodenstrahlen, soviel wir wissen, nur durch elektrische und magnetische Kräfte. Die Annahme magnetischer Kräfte innerhalb der Atome würde die Annahme bewegter Elektrizität in den Atomen, also auch wieder elektrische Kräfte implizieren. Wir haben also die Diffusion der Kathodenstrahlen in der Materie als ein Beweisstück für die Existenz elektrischer Kräfte im Innern der Atome anzusehen. Auf die Größe dieser Kräfte kann man schließen, wenn man die Größe der Ablenkung zusammen mit der Durchquerungszeit berücksichtigt, welch letztere von der Geschwindigkeit der Quanten und natürlich von der Dimension der Atome abhängt. Nehmen wir langsamere und langsamere Strahlen, so werden die Durchquerungszeiten länger, dementsprechend auch die beobachteten Diffusionen stärker (19 S. 30; 46 S. 480). Es ergeben sich in dieser Weise für das Innere der Atome elektrische Feldstärken von so außerordentlicher Größe, wie wir sie mit keinen uns bekannten Mitteln, mangels genügender Widerstandsfähigkeit auch der besten Isolatoren, jemals herstellen können, Feldstärken, gegen welche die bei den heftigsten Gewittern vorkommenden verschwindend klein sind (47). Da erscheinen die Kraftwirkungen des Radiumatoms schon nicht mehr so verwunderlich, sondern wir müssen uns vielmehr wundern, daß die meisten Atome hier um uns so ruhig sich verhalten und

nur bei der lichtelektrischen Wirkung oder andern ähnlichen Anlässen von den Kraftvorräten ihres Innern etwas merken lassen.

Das weitere quantitative Studium der Diffusion der Kathodenstrahlen in den verschiedenen Stoffen verspricht noch wertvolle Aufschlüsse zu geben über die nähere Beschaffenheit der elektrischen Felder der Atome. Für jetzt müssen wir uns einem zweiten, etwas leichter zahlenmäßig zu verfolgenden Ereignis zuwenden, welches bei solchen Atomdurchquerungen eintreten kann. Leicht geschieht es nämlich, daß das Quant, nachdem es tausende von Atomen erfolgreich durchsetzt hat, schließlich in einem Atom doch stecken bleibt und nicht sobald wieder herauskommt. Dies ist die Absorption der Kathodenstrahlen. Ich habe dieselbe quantitativ verfolgt für die ganze Skala der verfügbaren Strahlgeschwindigkeiten und dabei folgendes gefunden (47).

Die Absorption nimmt mit abnehmender Strahlgeschwindigkeit fortwährend zu wie die Diffusion. Dies ist auch zu erwarten, wenn die Absorption, wie die Diffusion, Wirkung der elektrischen Kraftfelder in den Atomen ist, und wenn diese Kraftfelder um gewisse Zentren in den Atomen sich konzentrieren, in deren Nähe sie größere Intensität aufweisen als ferner von denselben, so wie die Stärke eines magnetischen Kraftfeldes in bekannter Weise um die zwei Pole herum sich konzentriert. Ein Strahlenquant, welches derartige Felder mit beweglichen Zentren passiert, wird in denselben nur dann festgehalten werden, wenn es, seiner gegebenen Bahnrichtung nach, in genügend starke Teile dieser Felder gelangt; andernfalls wird es mit mehr oder weniger abgelenkter Richtung hindurchgelassen werden. Der ganze Querschnitt des Atoms, die Fläche, welche dasselbe einem Strahl gegenüberstellt, teilt sich daher in zwei Teile, in einen absorbierenden und einen durchlassenden, und der absorbierende Teil — welchen ich kurz absorbierenden Querschnitt nenne — ist nach meinen Messungen in Quadratzentimetern bekannt. Er liefert eine Angabe für die Ausdehnung derjenigen Teile der Kraftfelder des Atoms, deren Stärke das bestimmte Maß überschreitet, welches zur Festhaltung der gegebenen Quanten-

geschwindigkeit eben genügt. Für langsamere und langsamere Quanten kommen größere und größere Teile der Kraftfelder des Atoms als absorbierender Querschnitt in Betracht. Für die allerlangsamsten Strahlen habe ich gefunden, daß der absorbierende Querschnitt nicht nur gleich dem ganzen Querschnitt des Atoms bzw. Moleküls wird — welcher ganze Querschnitt aus der kinetischen Gastheorie bekannt war — sondern sogar noch etwas größer als dieser. Dies kommt gleich dem direkten Nachweis der Existenz elektrischer Kraftfelder nicht nur im Innern der Atome und Moleküle, sondern auch in gewissem Umkreis um dieselben herum. Man geht wohl nicht fehl, wenn man diese äußeren elektrischen Kräfte der Moleküle identifiziert mit den Kräften der Festigkeit, der Elastizität, der Kohäsion und Adhäsion, kurzum mit den schon lange bekannten, aber nur nicht gleich für elektrisch gehaltenen Molekularkräften überhaupt. Auch an der schon von Berzelius ins Auge gefaßten elektrischen Natur der chemischen Kräfte der Atome wird man nun um so mehr festhalten und in Fortstetzung der begonnenen Untersuchungen hoffen dürfen, Bilder der elektrischen Kraftfelder der Atome herzuleiten, welche deren chemisches Verhalten besser und vollständiger wiedergeben, als es die einfache Vorstellung einer Anzahl fester, mit elektrischen Ladungen versehener Valenzstellen tut.

Von gleichem Interesse wie der Übergang zu den geringsten Geschwindigkeiten war auch der zu den größten. Wächst die Strahlgeschwindigkeit, so zieht sich der absorbierende Querschnitt zusammen; es werden schließlich nur mehr diejenigen Quanten festgehalten, welche die allerstärksten Teile der inneren Kraftfelder, dicht bei ihren Zentren passieren. Eben deshalb sind die schnellsten Strahlen auch geeignet, Antwort zu geben auf die Frage, ob vielleicht diese Zentren ein besonderes, undurchdringliches Eigenvolumen aufweisen, oder allgemeiner: ob außer den Kraftfeldern sonst noch etwas in den Atomen ist, was unsere Prüfkörperchen zurückhielte. Das Resultat der Ausführung des Versuches mit den schnellsten Strahlen läßt sich am besten in einem Beispiel klar machen. Stellen wir uns einen kubikmeter-

großen Block des massivsten und schwersten Stoffes vor, den wir kennen, etwa Platinmetall. Wir finden in diesem Block insgesamt nicht mehr undurchdringliches Eigenvolumen, als höchstens ein Kubikmillimeter. Von diesem stecknadelkopfgroßen Teil etwa abgesehen finden wir den ganzen Rest unseres Blockes leer, so wie der Himmelsraum leer ist. Wie müssen wir da erstaunen über die Geringfügigkeit der eigentlichen Raumerfüllung der Materie! Was wir in dem von ihr eingenommenen Raume gefunden haben, waren nur Kraftfelder, wie sie sich auch im freien Äther ausbilden können. — Was sind dann jene Grundbestandteile aller Atome, auf welche wir durch das Massengesetz der Kathodenstrahlenabsorption geführt wurden? Offenbar in der Hauptsache ebenfalls nur Kraftfelder, wie die ganzen Atome. Ich habe daher diese Grundbestandteile alles Materiellen „Dynamiden" genannt.

Als Bestandteile elektrisch neutraler Atome wird man auch die Dynamiden als elektrisch neutral annehmen, so daß sie gleiche Mengen negativer und positiver Elektrizität als Zentren ihrer Felder besitzen. Wir können dann auch sagen: Die Materie — alle die greifbaren, wägbaren Körper um uns — bestehe in letzter Linie aus gleich viel negativer und positiver Elektrizität. Die negative Elektrizität ist in den Atomen nach den bereits erwähnten Auskünften des ZEEMANNschen Phänomens und der lichtelektrischen Wirkung und der gleich noch zu besprechenden sekundären Kathodenstrahlung in Gestalt eben derselben Quanten enthalten, welche wir in den Kathodenstrahlen gefunden haben und welche seither noch auf vielen Wegen für sich allein, abgetrennt von der Materie, dem Forscher begegnet sind. Die positive Elektrizität dagegen scheint etwas den Atomen der Materie viel spezieller Eigenes zu sein; man hat sie — wie bereits hervorgehoben — anders als in Atomen sitzend mit Sicherheit überhaupt nicht angetroffen. — Nach unseren Resultaten über die Raumerfüllung muß dann das für seinesgleichen undurchdringliche Eigenvolum des negativen Quants außerordentlich klein sein. Dies ist in Übereinstimmung mit den erwähnten Versuchen von KAUFMANN. Das etwaige Eigenvolum der positiven

Elektrizität wäre, falls es nicht ebenfalls äußerst klein ist, als völlig durchdringlich für negative Quanten anzusehen.

Bei dieser Konstitution der Materie ist das dritte, nun noch zu erwähnende, bei Atomdurchquerungen mögliche Ereignis leicht verständlich. — Das durchquerende Strahlenquant wird vermöge der abstoßenden Kräfte, welche es auf die anderen, dem Atom eigenen, negativen Quanten ausübt, eine gewaltige Störung innerhalb des Atoms hervorbringen können, und als Folge dieser Störung kann ein dem Atom gehöriges Quant aus ihm hinausgeschleudert werden.[1] Man nennt den Vorgang sekundäre Kathodenstrahlung. Wir haben einen Kathodenstrahl — den primären — in das Atom hineinfahren lassen, und zwei fahren dafür heraus, der primäre und der sekundäre[2] (46 S. 481).

Die Geschwindigkeit der sekundären Strahlen ist — wie die der lichtelektrisch erzeugten Kathodenstrahlen — sehr gering, auch wenn die der primären Strahlen groß ist. Die Menge der sekundären Strahlung, d. i. die Wahrscheinlichkeit des Austrittes von Quanten aus Atomen bei der Durchquerung, ist am größten bei einem gewissen Optimum der Primärgeschwindigkeit; sowohl schnellere als langsamere Primärstrahlen wirken weniger gut, und bei ganz kleiner Primärgeschwindigkeit — unter $^1/_{200}$ Lichtgeschwindigkeit — fehlt die sekundäre Strahlung ganz (44 S. 188 u. ff.; 46 S. 474 u. ff.; 49). Diese Verhältnisse sind verständlich. Denn wenn das primäre Quant zu langsam herankommt, besitzt es zu wenig Energie zu genügender Störung des Atominneren, und wenn es zu schnell herankommt, wird die Zeit seines Verweilens im Atom dazu im allgemeinen zu kurz sein.

Bei der geringen Geschwindigkeit der Sekundärstrahlung muß dieselbe starker Absorption in den umgebenden Körpermolekülen unterliegen. In Gasen, wo die Moleküle frei sind,

[1] Auch zwei und mehrere Quanten des Atomes können entweichen (46 S. 485).

[2] Man scheint häufig anzunehmen, daß die sekundäre Strahlung eine ausschließliche Folge der Absorption primärer Strahlung sei; doch ist dies nicht die Auffassung, welche ich mir aus der Beobachtung gebildet habe (46 S. 474 u. f.).

wird ein Molekül, welches ein sekundäres Quant absorbiert hat, als beweglicher Träger negativer Elektrizität funktionieren, während das Molekül, aus welchem das sekundäre Quant herausgefahren war, einen Überschuß von positiver Elektrizität enthält und also beweglicher Träger positiver Elektrizität ist. In den Wanderungen solcher Träger besteht aber — wie wir Dank den unablässigen Bemühungen von ARRHENIUS und nachher besonders J. J. THOMSON wissen — die Elektrizitätsleitung in Gasen,[1] und wir haben also in der sekundären Kathodenstrahlung den Mechanismus gefunden und, wie ich glaube, durch eingehende Beobachtungen genügend sichergestellt, durch welchen Kathodenstrahlen ein Gas elektrisch leitend machen (46 S. 474).[2] Dieser Fall des durch Kathodenstrahlen erregten, beziehlich unterhaltenen Leitvermögens muß bei allen Gasentladungen, wo

[1] Begründend für die Überzeugung, daß Gasmoleküle bzw. Molekülgruppen die Träger der Elektrizitätsleitung in Gasen sind, scheinen mir drei aufeinanderfolgende Schritte gewesen zu sein, nämlich: 1. Das eingehende Studium eines ersten Falles von Gaselektrisierung, in welchem Staub — den man zuerst als den alleinigen oder doch hauptsächlichsten Träger elektrischer Gasladungen ansah — als sicher nicht mitwirkend sich ergab. Es war dies der Fall der Wasserfallelektrizität (16); 2. die ersten Messungen der Wanderungsgeschwindigkeiten von Gasträgern in verschiedenen Fällen leitender Gase, ausgeführt in rascher Folge von einer Anzahl verschiedener Beobachter, zuerst von RUTHERFORD (26); 3. J. J. THOMSONS im Prinzip einwandfreie, erste Messungen der absoluten elektrischen Ladung des einzelnen Gasträgers in verschiedenen Fällen (31). — Aus 2. und 3. war mittels einfacher gaskinetischer Betrachtungen die Dimension der Gasträger als gleich der von Molekülen bzw. Molekülgruppen zu berechnen.

[2] Dieser Mechanismus ist verschieden von dem der Bildung der Ionen in den flüssigen Elektrolyten, wo er in der Spaltung elektrisch neutraler Moleküle in zwei entgegengesetzt geladene Atome oder Atomgruppen besteht. Auch sonst versagt die Analogie zwischen der Elektrizitätsleitung in Gasen und in Flüssigkeiten gerade in den charakteristischsten Punkten: Menge und Zeichen der Ladung eines Gasträgers sind — ganz anders wie bei den Ionen der flüssigen Elektrolyten — nicht bestimmt durch die chemische Natur des Trägers, und wirkliche Elektrolyse — jene so charakteristische Art chemischer Zersetzung — findet deshalb in Gasen auch gar nicht statt (53 S. 236). Ich hielt es deshalb für besser, jene Analogie — so nützlich das Festhalten an ihr heuristisch erst gewesen

Kathodenstrahlen von genügender Geschwindigkeit auftreten, eine Rolle spielen; so auch in der gewöhnlichen Entladungsröhre, von welcher wir, als erstem Erzeugungsmittel der Kathodenstrahlen ausgegangen waren.

Auch in anderen Fällen, wo Gase elektrisch leitend werden, scheint der Mechanismus derselbe zu sein: Austritt von Quanten aus Molekülen, und Wiederabsorption derselben von andern Molekülen; so bei der Wirkung des ultravioletten Lichtes auf Gase, wie bereits erwähnt, und auch in Flammen (45), nur daß die Veranlassung des Quantenaustrittes in den verschiedenen Fällen ein verschiedener sein kann (53 S. 242).

Ich schließe mit dem Gefühl des Dankes für die Aufmerksamkeit, welche Sie mir geschenkt haben.

---

war — jetzt, nach erhaltener, genauerer Kenntnis, auch äußerlich nicht mehr zu betonen, weshalb ich es immer schon vermieden habe, den Namen Ionen auf die Gasträger anzuwenden, oder die Elektrizitätsleitung in Gasen elektrolytisch zu nennen.

Literatur (chronologisch.[1])

1. 1860 **M. Faraday,** „Experimental Researches in Electricity". Von 1820 an.
2. 1869 **W. Hittorf,** „Über die Elektrizitätsleitung der Gase". POGG. Ann. Bd. 136.
3. 1873 **J. C. Maxwell,** „A Treatise on Electricity and Magnetism".
4. 1876 **E. Goldstein,** „Über elektrische Entladungen in verdünnten Gasen". Monatsber. d. Berl. Akad. Auch fortgesetzt in den Jahrgängen 1880, 81 derselben Monatsber.
5. 1879 **W. Crookes,** „Strahlende Materie oder der vierte Aggregatzustand" (deutsche Übersetzung erschienen in Leipzig). Auch Philosoph. Trans. Roy. Soc. Vol. 170.
6. 1881 **H. Helmholtz,** „On the modern Development of FARADAYS Conceptions of Electricity". Journal of the Chem. Soc. Vol. 39. — Wissensch. Abhandlungen Bd. 3, S. 52.
7. 1883 **H. Hertz,** „Versuche über die Glimmentladung" a) WIED. Ann. Bd. 19. — b) Ges. Werke Bd. 1, S. 242.
8. 1887 **H. Hertz,** „Über einen Einfluß des ultravioletten Lichtes auf die elektrische Entladung". Sitz.-Ber. der Berl. Akad. v. 9. Juni. — Ausführlicher in WIED. Ann. Bd. 31.
9. **H. Hertz,** „Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft".

[1] Für die Reihenfolge der Veröffentlichungen ist das Datum ihrer Vorlegung bei einer gelehrten Gesellschaft bzw. ihres Einganges bei der Redaktion einer Zeitschrift maßgebend gewesen. Wo solche Eingangsvermerke fehlten, wurde der Zeitpunkt des öffentlichen Erscheinens der betreffenden Druckschrift in Betracht gezogen, soweit er ermittelbar war.

10. 1888 **O. Heaviside,** „On electromagnetic Waves". Philos. Magazine. Ser. 5. Vol. 25 u. 26. Ferner „On the electro-magnetic Effects due to the motion of Electrification through a dielectric". Phil. Mag. Ser. 5. Vol. 27 (1889); „A Charge suddenly jerked into Motion", „Sudden Stoppage of Charge". The Electrician Mai 1 1891. Auch Electrical Papers Bd. 2, S. 375, 504 und „Electromagnetic Theory" Bd. 1, S. 54.

11. **W. Hallwachs,** „Über den Einfluß des Lichtes auf elektrostatisch geladene Körper". WIED. Ann. Bd. 33.

12. 1889 **P. Lenard** und **M. Wolf,** „Zerstäuben der Körper durch das ultraviolette Licht". WIED. Ann. Bd. 37.

13. 1890 **A. Schuster,** „The Discharge of Electricity through Gases". Proceedings of the Roy. Soc. Vol. 47. (Eingeg. 20. März.)

14. **A. Righi,** „Sulle traiettorie percorse nella convezione foto-elettrica, . . .". Atti d. Reale Accad. dei Lincei. Vol. 6 (2). (Eingeg. 3. August.)

15. 1892 **H. Hertz,** „Über den Durchgang von Kathodenstrahlen durch dünne Metallschichten". WIED. Ann. Bd. 45. — Ges. Werke Bd. 1, S. 355.

16. **P. Lenard,** „Über die Elektrizität der Wasserfälle". WIED. Ann. Bd. 46.

17. **H. Helmholtz,** „Elektromagnetische Theorie der Farbenzerstreuung" a) Sitz.-Ber. d. Berl. Akad. 15. Dezember. — b) WIED. Ann. Bd. 48. — c) Wissensch. Abhandlungen Bd. 3, S. 505.

18. 1894 **P. Lenard,** „Über Kathodenstrahlen in Gasen von atmosphärischem Druck und im äußersten Vakuum" a) Sitz.-Ber. der Berl. Akad. v. 12. Jan. 1893. — b) Ausführlicher WIED. Ann. Bd. 51.

19. **P. Lenard,** „Über die magnetische Ablenkung der Kathodenstrahlen". WIED. Ann. Bd. 52.

20. **H. Hertz,** „Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt".

21. 1895 **P. Lenard,** „Über die Absorption der Kathodenstrahlen". WIED. Ann. Bd. 56. (Erschienen im Oktober-Heft.)

22. **W. C. Röntgen,** „Über eine neue Art von Strahlen". Sitz.-Ber. d. Würzburger Phys.-Med. Ges. v. Dezember. — Wieder abgedruckt in WIED. Ann. Bd. 64.

23. 1896 **A. Righi,** „Sulla Propagazione dell' Elettricità nei Gas attraversati dai Raggi di Röntgen". Mem. della R. Accademia delle Sc. Bologna. Ser. 5. Tomo 6. (Vorgelegt 31. Mai.)

24. **P. Zeeman,** „On the influence of Magnetism on the Nature of the Light emitted by a Substance". Comm. from the Lab. of Physics Leiden, Transl. from: Verslagen d. Kon. Akad. v. Wetensch. te Amsterdam, 31. Octob.

25. 1897 **J. J. Thomson,** „Cathode Rays". Phil. Mag. Ser. 5. Vol. 44. (Erschienen im Oktober-Heft.)

26. **E. Rutherford,** „The Velocity and Rate of Recombination of the Ions of Gases exposed to Röntgen Radiation". Phil. Mag. Ser. 5. Vol. 44. (Erschienen im November-Heft.)

27. **P. Lenard,** „Über die elektrische Wirkung der Kathodenstrahlen auf atmosphärische Luft". WIED. Ann. Bd. 63. (Erschienen 11. Dezember.)

28. 1898 **P. Lenard,** „Über die elektrostatischen Eigenschaften der Kathodenstrahlen". WIED. Ann. Bd. 64. (Eingegangen 2. Januar.)

29. **E. Wiechert,** „Experimentelle Untersuchungen über die Geschwindigkeit und die magnetische Ablenkbarkeit der Kathodenstrahlen". Nachr. d. K. Ges. d. Wissensch. zu Göttingen. (Vorgelegt am 19. März.)

30. **P. Lenard,** „Über das Verhalten von Kathodenstrahlen parallel zu elektrischer Kraft". WIED. Ann. Bd. 65. (Eingegangen 1. Mai.) — Auch veröffentlicht in den Math. u. Naturw. Ber. aus Ungarn Bd. 16.

31. **J. J. Thomson,** „On the Charge of Electricity carried by the Ions produced by Röntgen Rays". Phil. Mag. Ser. 5. Vol. 46. (Erschienen im Dezember-Heft.) — Fortgesetzt und später korrigiert im Phil. Mag. Dezember-Heft 1899 und März-Heft 1903.

32. 1899 **P. Lenard,** „Erzeugung von Kathodenstrahlen durch ultraviolettes Licht" Sitz.-Ber. d. Kais. Akad. d. Wiss. in Wien v. 19. Oktober. — Wieder abgedruckt, in den Ann. d. Phys. Bd. 2.

33. 1900 **V. Bjerknes,** „Vorlesungen über hydrodynamische Fernkräfte nach C. A. BJERKNES Theorie".

34. **H. Becquerel,** „Contribution à l'étude du rayonnement du Radium" und „Déviation du rayonnement du Radium dans un champ electrique". Comptes Rend. der Pariser Akademie v. 29. Jan. bzw. 26. März.

35. **P. Lenard,** „Über Wirkungen des ultravioletten Lichtes auf gasförmige Körper". Ann. d. Phys. Bd. 1. (Eingegangen 6. Februar.)

36. **P.** und **M. Curie,** „Sur la charge électrique des rayons déviables du Radium". Comptes Rend. der Pariser Akademie v. 5. März.

37. **P. Curie** und **G. Saguac,** „Electrisation négative des rayons secondaires produits au moyen des rayons Röntgen". Comptes Rendues der Pariser Akademie v. 9. April.

38. **E. Demarçay,** „Sur le Spectre du Radium". Comptes Rend. der Pariser Akademie v. 25. Juli.

39. **M. Curie,** „Sur le poids atomique du Baryum radifère". Comptes Rend. der Pariser Akademie v. 6. August. — Auch: „Sur le poids atomique du Radium". Ebendort 21. Juli 1902.

40. **P. Lenard,** „Über die Elektrizitätszerstreuung in ultraviolett durchstrahlter Luft". Ann. d. Phys. Bd. 3. (Eingegangen d. 17. August)

41. **E. Dorn,** „Elektrostatische Ablenkung der Radiumstrahlen". Abh. der Naturf. Ges. zu Halle, Bd. 22.

42. **E. Dorn,** „Versuche über Sekundärstrahlen". Archives Néerlandaises des Sc., Harlem.

43. 1901 **W. Kaufmann,** „Die magnetische und elektrische Ablenkbarkeit der Becquerelstrahlen und die scheinbare Masse der Elektronen". Nachr. der K. Ges. d. Wiss. zu Göttingen v. 8. November.

44. 1902 **P. Lenard,** „Über die lichtelektrische Wirkung". Ann. d. Phys. Bd. 8. (Eingegangen 17. März.)

45. **P. Lenard,** „Über die Elektrizitätsleitung in Flammen". Ann. d. Phys. Bd. 9. (Eingegangen 18. August.)

46. 1903 **P. Lenard,** „Über die Beobachtung langsamer Kathodenstrahlen mit Hilfe der Phosphoreszenz und über Sekundärentstehung von Kathodenstrahlen". Ann. d. Phys. Bd. 12. (Eingegangen 28. Juni.)

47. **P. Lenard,** „Über die Absorption von Kathodenstrahlen verschiedener Geschwindigkeit". Ann. d. Phys. Bd. 12. (Eingegangen 30. Juli.)

48. **E. Warburg,** „Über die Ozonisierung des Sauerstoffs durch stille elektrische Entladungen". Sitz.-Ber. d. Berliner Akademie v. 11. November.

49. 1904 **P. Lenard,** „Über sekundäre Kathodenstrahlung in gasförmigen und festen Körpern". Ann. d. Phys. Bd. 15. (Eingegangen 22. August.)

50. **P. Lenard und V. Klatt,** „Über die Erdalkaliphosphore". Ann. d. Phys. Bd. 15. (Eingegangen 22. August.) Im Auszug auch in den Math. u. Naturw. Ber. aus Ungarn Bd. 22.

51. **E. Rutherford,** „Slow Transformation Products of Radium". Phil. Mag. Ser. 6. Vol. 8. (Erschienen im November-Heft).

52. 1905 **A. Becker,** „Messungen an Kathodenstrahlen". Ann. d. Phys. Bd. 17. (Als Habilitationsschrift der Kieler Philos. Fak. vorgelegt am 1. März.)

53. **P. Lenard,** „Über die Lichtemissionen der Alkalimetalldämpfe und Salze und über die Zentren dieser Emissionen". Ann. d. Phys. Bd. 17. (Eingegangen 13. April).

54. **F. Himstedt** und **G. Meyer,** „Über die Bildung von Helium aus der Radiumemanation". Ber. d. Naturf. Ges. Freiburg i. B. v. Mai. Auch Ann. d. Phys. Bd. 17.

55. 1906 **W. Kaufmann,** „Über die Konstitution des Elektrons". Ann. d. Phys. Bd. 19. (Eingegangen 3. Januar.)

Es ist nicht uninteressant, aus dem Literaturverzeichnis zu sehen, wie der hier behandelte Gegenstand fast plötzlich, im Laufe der Jahre 1887—1894, zum Felde reicher und erfolgreicher Tätigkeit geworden ist. Die vorausgegangenen Jahre zeigen — abgesehen von FARADAYS und MAXWELLS grundlegenden Arbeiten — nur vereinzelte und bis dahin isoliert gebliebene Vorboten solcher Tätigkeit, die dann folgenden Jahre bis heute unvermindert ergiebige Fortsetzung derselben.

Verlag von **Johann Ambrosius Barth** in **Leipzig.**

SODDY, FREDERICK, Dozent der physikalischen Chemie und Radioaktivität in Glasgow, **Die Radioaktivität** in elementarer Weise vom Standpunkte der Desaggregationstheorie aus dargestellt. Unter Mitwirkung von Dr. L. F. Guttmann, übersetzt von Prof. G. Siebert. [XII, 216 S.] 1904. M. 5.60, geb. M. 6.40

Zeitschrift für physikalische Chemie. Diese Darstellung eines der interessantesten und wichtigsten Gebiete unserer Wissenschaft durch einen der erfolgreichsten Entdecker und energischsten Denker darin wird sicher auch in der vorliegenden deutschen Ausgabe auf reges Interesse stoßen. So kann sich der Berichterstatter mit der Anzeige begnügen, daß die deutsche Übersetzung in sprachlicher Beziehung sachgemäß ist und zu Beanstandungen keine Ursache gibt.

Zeitschr. f. angew. Chemie: Die Art, wie Soddy die radioaktiven Vorgänge in das Gebiet der großen Strahlungserscheinungen einordnet, wie er am Schluß in dem Kapitel „Ausblicke" die Folgerungen zieht für andere Wissensgebiete, wie er zeigt, daß fundamentale Gesetze der Physik wie der zweite Hauptsatz der Wärmelehre oder das Gesetz von der Konstanz der Maße möglicherweise eine Einschränkung erfahren werden, das alles macht das Buch auch für den sehr anziehend und lesenswert, dem das Forschungsgebiet des Verfassers fern liegt.

RIGHI, A., Die moderne Theorie der physikalischen Erscheinungen (Radioaktivität, Ionen, Elektronen). Aus dem Italienischen übersetzt von B. Dessau, außerordentlicher Professor an der Universität Perugia. [VIII, 152 Seiten mit 17 Abbildungen.] 1905. geb. M. 2.80

Beiblätter zu den Annalen der Physik: Der Verfasser hat es verstanden, die modernen Theorien über Ionen und Elektronen in allgemeinverständliche Form zu bringen und auch den Nichtphysiker mit den oft so schwierigen Untersuchungsmethoden vertraut zu machen. — Im Kapitel „Radioaktivität" werden die Eigenschaften radioaktiver Substanzen bei aller Kürze recht erschöpfend beschrieben und im Anschluß daran ein kurzer Überblick über die Rutherfordsche Zerfalltheorie gegeben.

Zeitschrift für Elektrochemie. Die vorliegende Behandlung des Themas von einem hervorragenden Fachmann zeichnet sich durch besonders leichte Verständlichkeit aus und wird daher in den weitesten Kreisen der Chemiker und Physiker Gegenliebe finden. Die Bedeutung der Theorie ruht auf dem Boden beider Wissenschaften gleichmäßig, jede von ihnen darf für ihre Zukunft Wichtiges erwarten, und so ist der Gegenstand, wenn auch vorerst rein theoretischer Natur, dennoch in besonderem Grade dazu angetan, ein neues Bindeglied zwischen Physik und Chemie zu werden.

Über all diese interessanten Fragen, ebenso wie über die einschlägigen physikalischen Probleme der verschiedenen Strahlen und Eigenschaften der Elektronen finden wir, dank der verständnisvollen Übersetzung in lesbarer Form, Anregung und Belehrung. Das handliche Buch kann daher nur aufs wärmste empfohlen werden.

BESSON, PAUL, Das Radium und die Radioaktivität, allgemeine Eigenschaften und ärztliche Anwendungen. Mit Vorwort von d'Arsonval. Deutsch von W. v. Rüdiger. [VIII, 115 Seiten.] 1905. M. 3.60, geb. M. 4.40

Medizinische Klinik: Für alle Ärzte, welche Interesse daran haben, dem Naturwunder „Radium", sei es theoretisch oder durch eigene Forschung näher zu treten, ist das vorliegende Büchlein angelegentlichst zu empfehlen. — Ausgerüstet mit dem hier gespendeten Material wird der Arzt an der Hand der mitgeteilten Krankengeschichten auch in der Lage sein, selber therapeutische Versuche anzustellen.

HOFMANN, KARL, Die radioaktiven Stoffe nach dem neuesten Stande der wissenschaftlichen Erkenntnis. 2. verm. u. verb. Aufl. [76 S.] 1904. M. 2.—

Elektrochemische Zeitschrift: Wenn es der Verfasser unternommen hat, durch vorliegendes Werk die Kenntnisse von den radioaktiven Stoffen und ihren Wirkungen auch in den Kreisen zu verbreiten, die diesem Gebiete bisher fern gestanden, so hat er sich damit sicherlich eine sehr verdienstvolle Aufgabe gestellt. Das Werk enthält einen vollständigen Überblick über unser gesamtes Wissen von den Erscheinungen der Radioaktivität und zwar in kurzer, prägnanter Darstellung. Trotz dieser Kürze wird es jedoch auch für denjenigen von Nutzen sein, der sich eingehend über das vorliegende Gebiet unterrichten will, oder der es durch eigene Forschungen weiter auszubauen gedenkt.

SODDY, FREDERICK, Die Entwickelung der Materie enthüllt durch die Radioaktivität. Wilde-Vorlesung, gehalten am 23. Februar 1904 in der Literary and Philosophical Society in Manchester. Autorisierte Übersetzung von Prof. G. Siebert. [64 Seiten.] 1904. M. 1.60

Der bekannte Mitarbeiter des berühmten englischen Gelehrten Sir William Ramsay hat eine zeitgemäße Vorlesung gehalten, die in ihrer deutschen Übersetzung sicher viele Freunde sich erwerben wird.

STARK, J., Die Elektrizität in Gasen. [XXVIII, 509 Seiten mit 144 Figuren.] 1903. M. 12.—, geb. M. 13.—

Elektrotechnische Zeitschrift. Das Werk ist eine verdienstvolle Zusammenstellung der gesamten, über den Gegenstand der Elektrizität in Gasen erschienenen Literatur. Es ist eine Monographie von größter Ausführlichkeit, die eine bewunderungswerte Summe von Arbeit in sich schließt. Für jeden, der auf diesem Gebiete arbeiten oder sich über dasselbe unterrichten will, wird das Werk infolge seiner Eigenart eine wertvolle Bereicherung der Bibliothek eines jeden Physikers darstellen.

Verlag von **Johann Ambrosius Barth** in **Leipzig.**

RAMSAY, SIR WILLIAM, Einige Betrachtungen über das periodische System der chemischen Elemente. Vortrag, gehalten auf der 75. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Kassel. gr. 8°. [29 S. mit 1 Abb.] 1903. M. 1.—

Ztschr. für phys. Chemie: Wie bekannt, hat Ramsay der großen Zahl seiner fundamentalen Entdeckungen eine höchst unerwartete neue hinzugefügt: die fortdauernde Bildung von Helium aus Radium. Man wird daher mit dem lebhaftesten Interesse in diesem Vortrage das Nähere hierüber, sowie über die allgemeinen Betrachtungen entnehmen, welche diese Tatsache bei dem geistvollen englischen Forscher ausgelöst hat.

THOMSON, J. J., Die Entladung der Elektrizität durch Gase. Aus dem Englischen übersetzt von Dr. Paul Ewers. Ergänzt und mit einem Vorwort versehen von Prof. Dr. Hermann Ebert. gr. 8°. [VIII, 144 Seiten mit 41 Figuren.] 1900. M. 4.50; geb. M. 5.50

Umschau: Kein zweites Gebiet der Physik hat in den letzten Jahren so überraschende Fortschritte aufzuweisen wie dasjenige der Erscheinungen, welche mit dem Durchgang der Elektrizität durch Gase verknüpft sind. Zur Schilderung dieses Gebietes sind wenige in gleichem Maße berufen wie J. J. Thomson, der dasselbe durch eigene Untersuchungen bereichert hat, aber zugleich mit den Leistungen anderer wohlvertraut ist. Mit der Übersetzung seines Buches ist deshalb der deutschen Fachwelt ein Dienst erwiesen, zumal die Veranstalter der deutschen Ausgabe den Inhalt, der im Original bereits aus dem Jahre 1898 stammt, durch Zusätze dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft entsprechend erweitert haben.

DONATH, B., Die Einrichtung zur Erzeugung der Röntgenstrahlen. Zweite, verb. u. verm. Aufl. [VII, 244 S. m. 140 Abb. u. 3 Tafeln.] 1903. M. 7.—, geb. M. 8.—

Elektrotechnische Zeitschrift. Das Buch, das bereits in der 2. Auflage erscheint, ist für den Benutzer von Röntgenstrahlen-Einrichtungen bestimmt und zwar für solche, die nicht Physiker von Fach sind. Es enthält wohl alles, was für die Einrichtung und die Handhabung derartiger Anlagen von Wichtigkeit ist. Die Darstellung ist einfach und sehr leicht verständlich, und reich durch zweckmäßige Abbildungen unterstützt, so daß es auch einem in physikalischen Dingen weniger Geübten möglich sein wird, sich über die X-Strahlen-Einrichtungen praktisch wie theoretisch gleich gut zu unterrichten.

Fortschritte der Physik. . . . trägt in gemeinfaßlicher und doch wissenschaftlicher Darstellung den ausgedehntesten Bedürfnissen der Röntgen-Praxis Rechnung und vermag so den Anspruch zu erheben, für den Mediziner wie für den Physiker als Ratgeber dienen zu können.

Zeitschrift für Elektrochemie. Das ursprünglich für das Laienpublikum geschriebene und auch in der uns vorliegenden Fassung für dasselbe geeignete Buch ragt dadurch besonders vor anderen Büchern über die Röntgenstrahlen und ihre Anwendung (Radiographie) hervor, daß es in glücklicher Art Theorie und Praxis miteinander verquickt, und daß bei dem Wie nie das Warum vergessen ist. . . . Besonders die Theorie der elektrischen Strahlen bietet auch dem, der in bezug auf die Röntgentechnik Fachmann ist, wenn nichts Neues, so doch sicher ein Mittel, seine Kenntnisse zu vertiefen; für den Durchschnittsleser, Chemiker oder Physiker, besonders aber dem Mediziner bietet die Schrift eine außerordentlich reiche Ausbeute an Wissenswertem in leicht verständlicher und anregender Form.

LECHER, ERNST, Über die Entdeckung der elektrischen Wellen durch H. Hertz und die weitere Entwickelung dieses Gebietes. Vortrag, gehalten in der Hauptsitzung der Hamburger Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte, am 23. September 1901. gr. 8°. [32 Seiten.] 1901. M. 1.20

Zeitschrift für physikalische Chemie. Der Abdruck dieses geist- und pietätvoll geschriebenen Vortrags wird nicht nur denjenigen willkommen sein, die ihn seinerzeit angehört haben, sondern bietet weiteren Kreisen der Naturforscher einen sehr wertvollen Überblick des wichtigen Gebietes. Der Vf. hat nicht nur seinerzeit durch einflußreiche Versuche in diese Entwickelung selbst eingegriffen, sondern er hat in seiner Darstellung verstanden, das Wesentliche vom Unwesentlichen zu trennen, und ein übersichtliches und zutreffendes Bild mit sicheren Strichen zu zeichnen.

ZACHARIAS, JOHANNES, und MATHIAS MUESCH, Konstruktion und Handhabung elektro-medizinischer Apparate. 8°. [VIII, 292 Seiten mit 209 Abbildungen.] 1905. M. 8.—, geb. M. 9.—

Die Verfasser haben es unternommen, in diesem Werke unter zweckentsprechender Auswahl in der Heilkunde gebrauchte Apparate ihrer Konstruktion und Handhabung nach darzustellen, bei welchen die Elektrizität direkt oder indirekt Verwendung gefunden hat.

Deutsche med. Wochenschrift: Die Apparate zur Anwendung der Elektrizität in der Medizin haben eine solche Ausdehnung erreicht, ihre Konstruktion ist in so stetem Fortschreiten begriffen, daß eine gesonderte Darstellung gerechtfertigt erscheint . . . Wir finden darin die Apparate zur Erzeugung der Elektrizität (Elemente, Akkumulatoren, Dynamos, Lichtquellen, Elektromotoren u. a. m.). Es folgen die Apparate zur Untersuchung (Röntgenstrahlen, Endoskopie usw.), sowie zur Behandlung (die verschiedenen Stromesarten, Licht, Wärme, Ozon, Augenelektromagnet). Selbstverständlich sind auch die neueren Errungenschaften, die Arsonvalisation, die sinusoidalen Wechselströme, die magnetischen Heilapparate vertreten . . . In dem sehr willkommenen Kapitel über die Behandlung und Reparatur der Apparate wird für Betriebsstörungen in erster Linie der Zustand der Elemente verantwortlich gemacht. Es dürfte sich mehr empfehlen, die Aufmerksamkeit zuvörderst auf die Kontakte, Leitungsschnüre und Elektroden zu richten, und erst, wenn sich dort nichts findet, die zeitraubende Untersuchung der Elektrizitätsquelle anzuraten.

Verlag von **Johann Ambrosius Barth** in **Leipzig.**

BALFOUR, Ministerpräsident, **A. J., Unsere heutige Weltanschauung.** Einige Bemerkungen zur modernen Theorie der Materie. Ein Vortrag. Autorisierte Übersetzung von Dr. M. Ernst. [36 Seiten.] 1904. kart. M. 1.—

Mit diesem Vortrag begrüßte der englische Ministerpräsident als diesjähriger Vorsitzender der berühmten „British Association" die im August zum Kongreß in Cambridge zusammengetretenen Vertreter der exakten Wissenschaften aller Länder. Die Rede hat weit über Englands Grenzen außerordentliches Aufsehen erregt.

BJERKNES, V., Vorlesungen über hydrodynamische Fernkräfte nach C. A. Bjerknes' Theorie. Zwei Bände. 1900—1902. à M. 10.—, geb. M. 11.50

I. Band. [XVI, 338 Seiten mit 40 Abbildungen.] 1900.
II. Band. [XVI, 316 Seiten mit 60 Abbildungen.] 1902.

BOLTZMANN, L., Vorlesungen über Maxwells Theorie der Elektricität und des Lichtes. *I. Teil.* [XII, 139 Seiten mit vielen Textfiguren und zwei lithographischen Tafeln.] 1891. *II. Teil.* [VIII, 166 Seiten mit Figuren im Text und zwei Tabellen.] 1893. je M. 5.—, geb. M. 6.—

Nur ein Boltzmann konnte den oft unentwirrbar komplizierten Plan des Maxwellschen Lehrgebäudes bis in alle Details so verstehen, um ihn mit dieser Klarheit bloßzulegen. Aus den einfachsten Annahmen — den Gesetzen der cyklischen Bewegungen und der Lagrangeschen Gleichung — entwickeln sich die weittragendsten Schlüsse mit einer Klarheit und Eleganz, die neben der vollendeten wissenschaftlichen Befriedigung auch einen hervorragenden ästhetischen Genuß bietet

BOLTZMANN, L., Vorlesungen über Gastheorie. *I. Teil:* Theorie der Gase mit einatomigen Molekülen, deren Dimensionen gegen die mittlere Weglänge verschwinden. [IV, 200 Seiten.] 1895. M. 6.—, geb. M. 7.—. *II. Teil.* Über die van der Waals'sche Theorie, die Gase mit mehratomigen Molekülen und die Dissoziation. [X, 265 Seiten.] 1898. M. 7.—, geb. M. 8.—

BOLTZMANN, L., Vorlesungen über die Prinzipe der Mechanik. *I. Teil.* [X, 241 Seiten.] 1897. M. 6.—, geb. M. 7.—

II. Teil, enthaltend: **Die Wirkungsprinzipe, die Lagrangeschen Gleichungen und deren Anwendungen.** [X, 386 S. m. 10 Fig.] 1904. M. 9.—, geb. M. 10.—

CHRISTIANSEN-MÜLLER, Elemente der theoretischen Physik, von Professor C. Christiansen in Kopenhagen, deutsch herausgegeben von Dr. Johannes Müller in Bremen. Zweite, verbesserte und erweiterte Auflage. [VIII, 532 S. mit 160 Fig.] 1903. M. 10.—, geb. M. 11.—

Es wird in den beteiligten Kreisen mit Freude begrüßt werden, daß von dem vortrefflichen Buche eine neue Auflage erscheint. Da dieselbe erweitert und bedeutend verbessert ist, wird sie noch größere Verbreitung finden als die erste Auflage. Die jungen Physiker und Mathematiker werden durch das Buch bei ihren Studien wesentlich gefördert.

CZAPSKI, Dr. SIEGFRIED, Grundzüge der Theorie der optischen Instrumente nach Abbe. Zweite Auflage unter Mitwirkung des Verfassers und mit Beiträgen von M. von Rohr herausgegeben von Dr. O. Eppenstein. [XVI, 480 Seiten mit 176 Abbildungen.] 1904. M. 14.50, geb. M. 16.—

Das Buch bildet auch jetzt wieder, wie in der ersten Auflage, einen Teil in Winkelmanns Handbuch der Physik, 2. Auflage.

Die Hoffnung, der der Verfasser am Schlußsatze des Vorwortes zur ersten Auflage Ausdruck gegeben hat, das Buch solle andere anregen zur Lösung der in ihm behandelten Probleme, hat sich im reichsten Maße erfüllt. Zahlreiche Untersuchungen haben an die in dem Buche mitgeteilten Ergebnisse angeknüpft; vor allem ist die darin niedergelegte Auffassung von dem Wesen der Wirkung und der sich darauf gründenden Konstruktion optischer Instrumente in immer weiteren Kreisen anerkannt und angenommen worden. So wird auch diese zweite umgearbeitete Auflage vielfach erwünscht sein.

EBERT, H., Anleitung zum Glasblasen. Dritte, völlig umgearbeitete Auflage. [XII, 120 Seiten mit 68 Abbildungen.] 1904. M. 2.40, geb. M. 3.—

Chemiker-Zeitung: Die Erfahrungen, welche der Verfasser sowohl beim Glasblasen wie beim Unterricht gesammelt hat, haben ihn auf den fruchtbaren Gedanken gebracht, die Anleitung zum Glasblasen in die Form eines systematischen, aus fünf Übungsstufen bestehenden Unterrichtskursus zu bringen, welcher alle im Laboratorium gewöhnlich zur Anwendung kommenden Glasbläserarbeiten berücksichtigt. . . Die Darstellung ist knapp und überaus klar und läßt überall erkennen, daß der Verfasser, welcher es in seiner Wissenschaft zu hohem Ansehen gebracht hat, auch in der Kunst des Glasblasens Meister ist.

ELBS, KARL, Die Akkumulatoren. Eine gemeinfaßliche Darlegung ihrer Wirkungsweise, Leistung u. Behandlung. 3. Aufl. 48 S. m. 3 Fig. 1901. M. 1.—

Das Schriftchen gibt eine äußerst klare und gemeinverständliche Erklärung des Prinzips der Akkumulatoren, sowie die Regeln für deren Behandlung und Benutzung. Es wendet sich nicht nur an Chemiker und Physiker, sondern ebenso an Physiologen, Gymnasial- und Mittelschullehrer, Ärzte und Zahnärzte, welche aus Unkenntnis oft schlimme Erfahrungen mit Akkumulatoren machen.

Verlag von **Johann Ambrosius Barth** in **Leipzig.**

Zwanglose Abhandlungen aus dem Gebiete der Elektrotherapie und Radiologie und verwandter Disziplinen der medizinischen Elektrotechnik. Herausgegeben von Dr. Hans Kurella-Ahrweiler und Professor Dr. A. v. Luzenberger-Neapel.

Es erschienen bisher:

Heft 1: **Das Wesen der Kathoden- und Röntgenstrahlen.** Von Privatdozent Dr. Johannes Stark-Göttingen. [29 S.] 1904. M. —.80

Heft 2: **Die Wärmestrahlung, ihre Gesetze und ihre Wirkung.** Von Dr. Fritz Frankenhäuser-Berlin. [50 S.] 1904. M. 1.20

Heft 3: **Die Ionen- oder elektrolytische Therapie.** Von Prof. St. Leduc-Nantes. [47 S. mit 26 Abb.] 1905. M. 1.50

Heft 4: **Die Franklinisation.** Von Prof. Dr. v. Luzenberger-Neapel. [98 S. mit 24 Abb.] 1905. M. 2.80

Heft 5: **Elektrische Gesundheits-Schädigungen am Telephon.** Ein Beitrag zur Elektropathologie. Von Dr. Hans Kurella. [58 S.] 1905. M 1.50

HELMHOLTZ, H. v., Vorlesungen über theoretische Physik. In 6 Bänden.

I. Band, 1. Abtlg.: Einleitung zu den Vorlesungen über theoretische Physik, herausgegeben von Arthur König und Carl Runge. [VIII, 50 S. mit 1 Porträt.] 1903. M. 3.—, geb. M. 4.50

I. Band, 2. Abtlg.: Dynamik diskreter Massenpunkte, herausgegeben von Otto Krigar-Menzel. [X, 380 S. mit 21 Fig.] 1898. M. 15.—, geb. M. 16.50

II. Band: Dynamik kontinuierlich verbreiteter Massen, herausgegeben von Otto Krigar-Menzel. [VIII, 248 S. mit 9 Fig.] M. 12.—, geb. M. 13.50

III. Band: Mathematische Principien der Akustik, herausgegeben von Arthur König und Carl Runge. [XIV, 256 S. mit 21 Fig.] 1898. M. 12.—, geb. M. 13.50

V. Band: Elektromagnetische Theorie des Lichtes, herausgegeben von Arthur König und Carl Runge. [XII, 370 S. mit 54 Fig.] 1897. M. 14.—, geb. M. 15.50

VI. Band: Theorie der Wärme, herausgegeben von Franz Richarz. [XII, 418 S. mit 40 Fig.] 1903. M. 16.—, geb. M. 17.50

Band IV soll bald folgen.

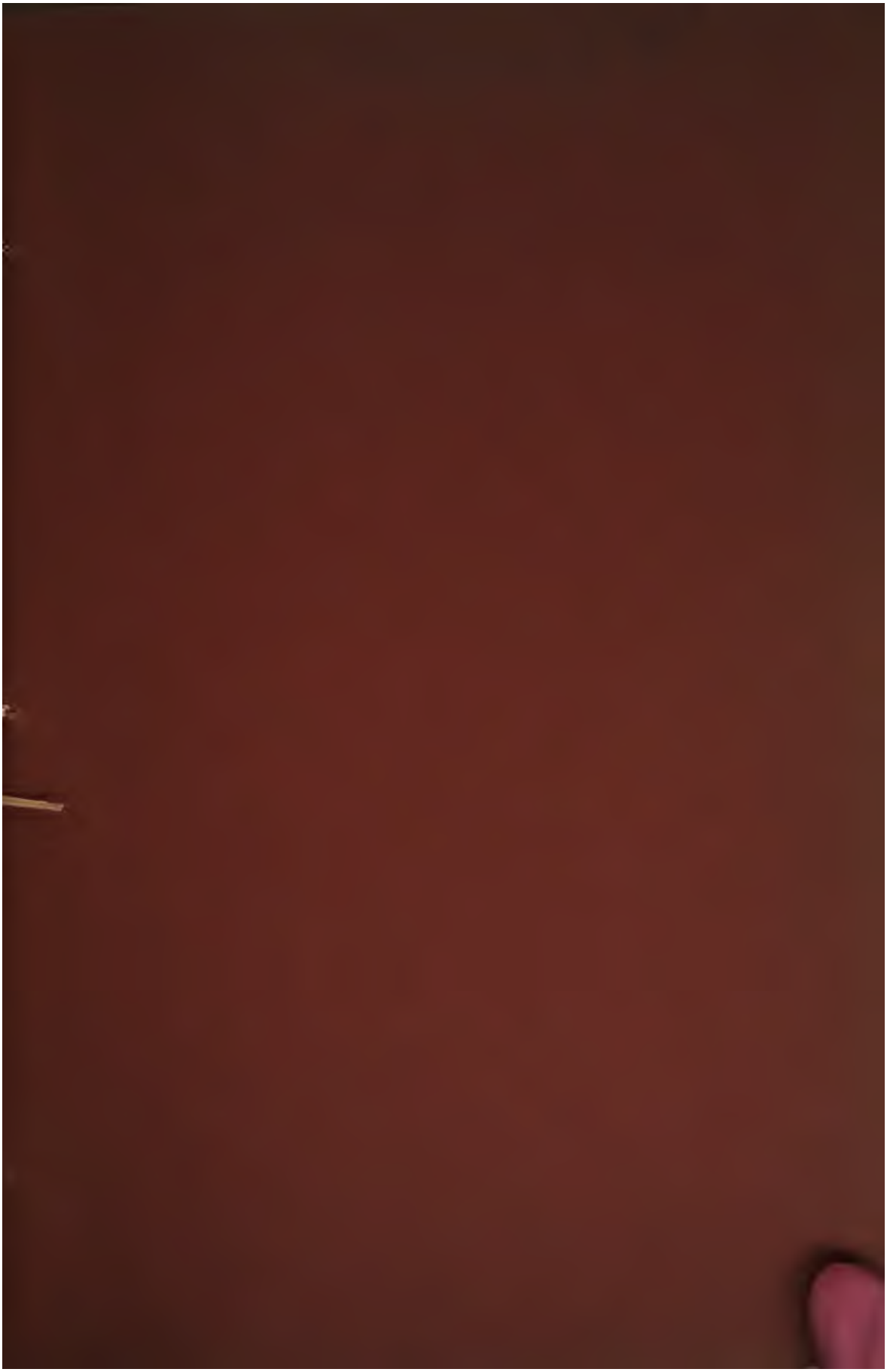
HELMHOLTZ, H. v., Wissenschaftliche Abhandlungen. 3 Bände. [Mit 2 Porträts und 8 lithographischen Tafeln, in Leinen gebunden unbeschnitten.] M. 58.— (I. Band VIII, 938 Seiten. 1882. M. 20.—. II. Band VIII, 1021 Seiten. 1883. M. 20.—. III. Band XXXIX, 655 Seiten. 1895. M. 18.—.)

Die wissenschaftlichen Arbeiten von Helmholtz sind von beträchtlichem Einfluß auf den Entwickelungsgang der theoretischen Physik unserer Zeit gewesen. Durch die Vereinigung der seiner Zeit als Einzeldrucke oder in verschiedenen wissenschaftlichen Zeitschriften erschienenen Arbeiten in gleichmäßigem modernen Wiederabdruck werden dieselben der wissenschaftlichen Welt bequem zugänglich gemacht.

HERTZ, H., Gesammelte Werke. Band I. Schriften vermischten Inhalts. [XIX, 368 Seiten mit vielen Fig., 1 Tafel.] Einleitung von Ph. Lenard u. Porträt des Verf. 1895. Preis M. 12.—. Band II. Untersuchungen üb. die Ausbreitung der elektr. Kraft. [VIII, 296 S. m. 40 Fig.] 2. Aufl. 1895. M. 6.—. Band III. Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt. Mit einem Vorwort von H. v. Helmholtz. [XXIX, 312 S.] 1894. M. 12.—. In Halbfranz gebunden jeder Band M. 1.50 mehr.

Das Lebenswerk des früh dahingegangenen Gelehrten liegt in den vorstehenden drei Bänden abgeschlossen vor. Je mehr man sich in die geistvollen und klaren Darstellungen versenkt, um so mehr bedauert man, daß der Tod seinem Wirken ein so kurzes Ziel gesteckt hat.

LODGE, OLIVER J., Neueste Anschauungen über Elektrizität. Übersetzt von Anna v. Helmholtz und Estelle Du Bois-Reymond. Herausgeg. durch Richard Wachsmuth. [XII, 550 Seiten mit vielen Abbildungen.] 1896. geh. M. 10.—, geb. M. 11.—



LANE MEDICAL LIBRARY

This book should be returned on or before the date last stamped below.

... 2. und 16. Auflage, ... mit 425 Figuren ... M. 9.60, geb. M. 7.40 ... des Verfassers ... ... mathematische Ent- ... allgemeinverständlich ... ist, was dazu ... wirklich ... ng der ersten Forschungen ...

... rechnung und der An- ... rer Berücksichtigung ... schaften. Unter Mit- ... C. Schmidt (Rhein- ... 10.—, geb. M. 11.— ... Anwendungen sollen in den ... Kapiteln aus der Mechanik ... Gebiet, namentlich die ...

... al akademischen Ver- ... und G. H. Hartmann ... Jahre aus dem Hörsaal ... [V, 402 Seiten mit ... M. 8.—, geb. M. 9.— ... ritt an der Leidener Uni- ... Lehrer des Institutes ... ist durch Hinzutreten ... Leitung von der in anderen ... dem das Erscheinen einer ...

... erschienen.

... Einleitung. [VIII, 222 S. ... M. 7.—, geb. M. 7.80 ... über die gesamte Theorie ... Einführung in ihre Ent- ... Darstellung ihrer Anwen- ... ist durch ausführliche Er- ... und der Thermodynamik ... Reversibilität vorzudringen.

... ritflich dargestellt. Mit ... vielen Abbild. im Text u. 6 Portrts. 2. Aufl. 1900. M. 10.—, geb. M. 11.— ... Münchener Allgem. Zeitung: Wir begrüßen die 2., namentlich erweiterte Auflage ... von Mach's Werk und wissen überdies, daß es den Lesern dieses im mehreren ... seiner ... Werke ... möglichst großen Kreis zu ... verschaffen ... Prof. Aug. Heller.

MACH, E., Populär-wissenschaftliche Vorlesungen. 3. verm. Auflage. [XII, 403 Seiten mit 30 Abbildungen.] 1903. geb. M. 6.—, geb. M. 6.50

Naturwissenschaftliche Wochenschrift: Die gesammelten Vorträge des trefflichen Gelehrten gehören zu den Gediegensten, was die Literatur in diesem Genre besitzt. Sie stammen auf derselben Stufe, wie seine Mechanik: Tiefe ...

POGGENDORFF's Biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften, enthaltend Nachrichten über Lebensverhältnisse und Leistungen von Mathematikern, Astronomen, Physikern, Chemikern, Mineralogen, Geologen, Geographen u.s.w. aller Völker und Zeiten. 4 Bde. (bis 1904 reichend). M. 157.—, geb. M. 171.—

Über den Nutzen des Werkes ist kaum etwas hinzuzufügen. Nicht nur wer in einer der exakten Wissenschaften selbst arbeitet, sondern auch wer sich darüber orientieren will, wird es als ein unentbehrliches Hilfsmittel ansehen.

WIENER, O., Die Erweiterung unserer Sinne. Akademische Antrittsvorlesung, gehalten am 19. Mai 1900. Mit Zusätzen und Literaturnachweis. [42 Seiten.] 1900. M. 1.80

Der Verfasser erläutert in diesem Aufsatz an ausgewählten Beispielen aus der Physik, wie sich jedes neue Instrument oder jede Zusammenstellung bekannter Instrumente als unserm Zwecke von ausschlaggebender Bedeutung erweist, eine neue ... Formenanschauung und Erweiterung unserer Sinne darstellt.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Photomount
Pamphlet
Binder
Gaylord Bros., Inc.
Makers
Stockton, Calif.
PAT JAN. 21, 1908

B711 Lenard, P. 73681
L56 Uber Kathoden-
1906 strahlen.

NAME	DATE DUE